



TESIS - 142551

PENURUNAN KEHILANGAN AIR DI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM KOTA MALANG

WIDY SAPARINA
3314 202 806

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ali Masduqi, ST, MT.

PROGRAM MAGISTER
TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



TESIS - 142551

PENURUNAN KEHILANGAN AIR DI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM KOTA MALANG

WIDY SAPARINA
3314 202 806

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ali Masduqi, ST, MT.

PROGRAM MAGISTER
TEKNIK SANITASI LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



THESES - 142551

DECREASING OF WATER LOSS IN WATER SUPPLY DISTRIBUTION SYSTEM AT PDAM MALANG

WIDY SAPARINA
3314 202 806

SUPERVISOR
Dr. Ali Masduqi, ST, MT.

MASTER PROGRAM
DEPARTEMEN OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Magister Teknik (M.T.)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :


Widy Saparina

NRP. 3314 202 806


Tanggal Ujian : 05 Januari 2017

Periode Wisuda : Maret 2017


Disetujui Oleh :


1. Dr. Ali Masduqi, ST, MT.
NIP : 19680128 199403 1 003


(Pembimbing)


2. Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, Ph.D
NIP : 19500114 197903 1 001

(Penguji)

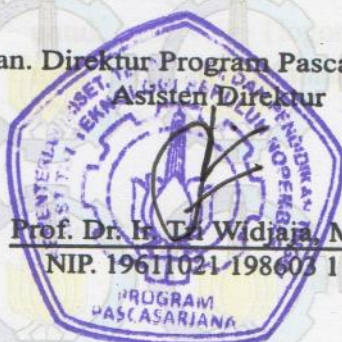

3. Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc
NIP : 19590811 198701 1 001

(Penguji)


4. I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D
NIP : 19750212 199903 2 001

(Penguji)

an. Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur



Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng.
NIP. 19611021-198603 1 001

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., PhD
NIP. 19601202 198701 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat, hikmat, anugerah dan pertolongan-Nya laporan Tesis dengan judul **“Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang”** dapat kami selesaikan.

Penyusunan laporan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Pascasarjana di Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini kami buat dengan melibatkan berbagai pihak dari seluruh lapisan masyarakat, untuk itu kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ali Masduqi, ST, MT., selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyusunan laporan Tesis ini.
2. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, Ph.D., Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Ibu I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D selaku dosen penguji yang telah banyak membimbing dalam penyusunan laporan Tesis ini.
3. Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT., selaku Ketua Program Studi.
4. Seluruh Dosen, staf, dan karyawan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
5. Bapak Suwito, Bapak Sutjibto, Bapak Gigih Yuli A, Bapak Asvie H, Bapak Arief C, Ibu Desy Galuh Indarko, dan seluruh tim NRW dari PDAM Kota Malang yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tesis ini.
6. Rekan-rekan dari Satker Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Provinsi Jawa Timur.
7. Bapak, Ibu, Suami, putra kami serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan yang sangat besar baik secara material maupun spiritual.
8. Teman-teman MTSL 2014 serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan laporan Tesis ini.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

PENURUNAN KEHILANGAN AIR DI SISTEM DISTRIBUSI AIR MINUM PDAM KOTA MALANG

Nama Mahasiswa : Widy Saparina
NRP : 3314202806
Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, ST., MT.

ABSTRAK

PDAM Kota Malang memiliki upaya untuk meningkatkan sistem penyediaan air minum. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menurunkan kehilangan air baik secara fisik maupun non fisik. Prosentase kehilangan air (*Non Revenue Water*) dalam sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang saat ini adalah sebesar 19,7%. Hal tersebut tentunya sudah dibawah standar toleransi angka kehilangan air bersih PDAM secara nasional yakni 20%. Akan tetapi PDAM Kota Malang memiliki target dalam kurun waktu 5 tahun mendatang prosentase kehilangan air dapat turun menjadi 16%.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyusun dan menetapkan strategi penurunan kehilangan air minum di sistem distribusi air minum PDAM Kota Malang dengan melakukan analisis pada aspek teknis, aspek pembiayaan, dan aspek kelembagaan. Aspek teknis meliputi analisa kondisi eksisting zona pelayanan (*District Meter Area*) dan analisa kehilangan air di sistem penyediaan air minum pada 3 DMA yang memiliki tingkat kehilangan air paling tinggi. Aspek pembiayaan meliputi kondisi pembiayaan PDAM saat ini, besarnya nilai investasi yang diperlukan serta strategi pendanaan yang diperlukan. Aspek kelembagaan meliputi analisis beban kerja tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang.

Hasil dari penelitian ini adalah penurunan kehilangan air pada DMA terpilih selama periode penelitian adalah sebesar 11,3%. Sehingga target pemerintah Kota Malang untuk menurunkan kehilangan air sebesar 16% dapat terpenuhi. Strategi yang digunakan adalah melakukan penggantian pipa yang sudah tua, memasang PRV pada DMA yang memiliki tekanan tinggi, memperbaiki manajemen aset, menyesuaikan nilai pH air dalam sistem distribusi sesuai dengan index Langelier sebesar 7,67 untuk reservoir Tlogomas I dan 7,49 untuk reservoir Tlogomas II agar air tidak bersifat korosif maupun kerak, meningkatkan pendanaan, menambah pegawai yang bekerja di lapangan sebanyak 12 orang.

Kata Kunci : *District Meter Area*, Penurunan Kehilangan Air, Sistem Penyediaan Air Minum

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DECREASING OF WATER LOSS IN WATER SUPPLY DISTRIBUTION SYSTEM AT PDAM MALANG

Name : Widy Saparina
NRP : 3314202806
Supervisor : Dr. Ali Masduqi, ST., MT.

ABSTRACT

Water Supply Company (PDAM) of Malang City has an attempt to improve water supply system. One of effort is by decreasing water loss both physical losses and commercial losses. Current percentage of Non-Revenue Water in the water supply system in PDAM Malang is 19,7%. It had been under the standard tolerance numbers of water loss from Water Supply Company nationally, that is 20%. But PDAM Malang has a target within the next 5 years percentage of Non-Revenue Water reduced to 16%.

The aim of this research was to compile and set strategies the decrease of water loss in distribution system of PDAM Malang with analyzing on technical aspect, financial aspect, and institutional aspect. Technical aspect includes the analysis of service zone existing condition (District Meter Area), and analysis of water loss in water supply system for 3 DMA that have the highest rates of water loss. Financial aspect includes the existing condition of water supply company finance, the magnitude value of the investments needed, also the necessary funding strategy. Institutional aspect includes the workload analysis for Non-Revenue Water's team in PDAM Malang.

The result of this study is water loss can be reduced to 11,3% during the period time in selected DMA (District Meter Area) of PDAM Malang. So the Government's target within next 5 years to reduce the water losses about 16% can be done. The strategies used in this research is replacing the old rusty pipe, placing PRV in high pressure's DMA, improve asset management, adjusting the pH of water in distribution system according to Langelier Index is 7,67 for Tlogomas reservoir I, and 7,49 for Tlogomas reservoir II so the water is not scale or corrosive, increasing the investment, adding more worker who work in the field as many as 12 people.

Keywords: District Meter Area, Non-Revenue Water, Water Supply System

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya atas berkat, hikmat, anugerah dan pertolongan-Nya laporan Tesis dengan judul **“Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang”** dapat kami selesaikan.

Penyusunan laporan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Pascasarjana di Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian ini kami buat dengan melibatkan berbagai pihak dari seluruh lapisan masyarakat, untuk itu kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ali Masduqi, ST, MT., selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyusunan laporan Tesis ini.
2. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc, Ph.D., Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Ibu I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D selaku dosen penguji yang telah banyak membimbing dalam penyusunan laporan Tesis ini.
3. Ibu Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT., selaku Ketua Program Studi.
4. Seluruh Dosen, staf, dan karyawan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.
5. Bapak Suwito, Bapak Sutjibto, Bapak Gigih Yuli A, Bapak Asvie H, Bapak Arief C, Ibu Desy Galuh Indarko, dan seluruh tim NRW dari PDAM Kota Malang yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tesis ini.
6. Rekan-rekan dari Satker Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum Provinsi Jawa Timur.
7. Bapak, ibu, suami, putra kami serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan yang sangat besar baik secara material maupun spiritual.
8. Teman-teman MTSL 2014 serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan laporan Tesis ini.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Penyediaan Air Minum.....	5
2.1.1 Sistem Distribusi Air	5
2.1.2 Sistem Jaringan Induk dan Perpipaan Distribusi Air	6
2.1.3 Intake dan Jaringan Pipa Transmisi.....	7
2.1.4 Unit Reservoir	8
2.1.5 Unit Pompa.....	10
2.1.6 Kehilangan Air	11
2.1.6.1 Kehilangan Air Fisik	16
2.1.6.2 Kehilangan Air Non Fisik	17
2.1.6.3 Metode Pencarian Kehilangan Air	23
2.1.6.4 Alat Pendeteksi Kehilangan Air	21
2.2 Aspek Pembiayaan	25
2.2.1 Kelayakan Investasi.....	25
2.3 Aspek Kelembagaan.....	28
2.4 Gambaran Umum Wilayah Studi.....	29

2.4.1	Kondisi Geografis.....	29
2.4.2	Kondisi Hidrologis	30
2.4.3	Kondisi Topografis	31
2.4.4	Kondisi Klimatologi	32
2.4.5	Kondisi Demografi/Kependudukan.....	32
2.5	Gambaran Umum PDAM Kota Malang	34
2.5.1	Sistem Zonasi dan DMA PDAM Kota Malang.....	37
2.5.2	Kelembagaan dan Sumber Daya Manusia.....	38
BAB III METODE PENELITIAN		41
3.1	Pendekatan Penelitian.....	41
3.2	Tahapan Penelitian.....	41
3.3	Kerangka Penelitian.....	42
3.3.1	Merumuskan Latar Belakang	43
3.3.2	Identifikasi Masalah	43
3.3.3	Pengumpulan Data.....	43
3.4	Pengolahan dan Analisa Data	49
3.4.1	Evaluasi Aspek Teknis	49
3.4.2	Aspek Pembiayaan	51
3.4.3	Aspek Kelembagaan.....	51
3.5	Strategi dan Rekomendasi	52
BAB IV ANALISIS DAN PENGOLAHAN DATA		53
4.1	Analisis Aspek Teknis	53
4.1.1	Evaluasi Zona Pelayanan.....	53
4.1.2	Evaluasi <i>District Meter Area</i>	54
4.1.3	Perhitungan <i>Water Balance</i> PDAM Kota Malang	60
4.1.4	Hasil <i>Step Test</i>	64
4.1.5	Percepatan dan Kualitas Perbaikan Kebocoran.....	75
4.1.6	Penurunan Kehilangan Air Dengan Pressure Management	77
4.1.7	Manajemen Aset	80
4.1.8	Evaluasi Kualitas Air.....	82

4.1.9	<i>Water Balance</i> DMA Bulan Oktober (WB1)	85
4.2	Analisis Aspek Pembiayaan	89
4.2.1	Perhitungan Metode <i>Net Present Value</i>	93
4.2.2	Perhitungan Metode <i>Internal Rate of Return</i>	94
4.2.3	Perhitungan Metode <i>Benefit Cost Ratio</i>	96
4.2.4	Strategi Pendanaan	92
4.3	Analisis Aspek Kelembagaan	99
4.3.1	Bentuk Organisasi	100
4.3.2	Analisis Beban Kerja Tim Kehilangan Air PDAM Malang.....	101
4.4	Strategi dan Rekomendasi Penurunan Kehilangan Air	110
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		113
5.1	Kesimpulan	113
5.2	Saran	114
 DAFTAR PUSTAKA		115
 LAMPIRAN		119

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Ground Reservoir</i>	9
Gambar 2.2 <i>Elevated Reservoir</i>	9
Gambar 2.3 Macam <i>Head</i> Pompa	11
Gambar 2.4 Neraca Air yang Menunjukkan Komponen NRW	12
Gambar 2.5 Neraca Air PDAM Kota Malang Tahun 2016.....	15
Gambar 2.6 Tipikal Kehilangan Air Dalam SPAM	16
Gambar 2.7 Cara Kerja <i>Noise Loggers</i>	23
Gambar 2.8 Cara Kerja <i>Ground Microphone</i>	24
Gambar 2.9 Peta Administrasi Kota Malang.....	30
Gambar 2.10 Peta Wilayah Pelayanan PDAM Kota Malang.....	35
Gambar 2.11 Diagram Skematik Transmisi dan Distribusi PDAM.....	36
Gambar 2.12 Zona Pelayanan PDAM Kota Malang.....	38
Gambar 2.13 Struktur Organisasi PDAM Kota Malang	40
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 3.2 Alat <i>Ground Microphone</i>	46
Gambar 3.3 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	49
Gambar 4.1 <i>Permanent Boundary</i> PDAM Kota Malang	59
Gambar 4.2 Pemasangan PRV pada DMA TL 1H.....	60
Gambar 4.3 <i>Water Balance</i> PDAM Kota Malang Bulan Mei 2016.....	61
Gambar 4.4 Skenario <i>Step Test</i> Pada DMA TL 1E.....	66
Gambar 4.5 Penelusuran Kehilangan Air Menggunakan <i>Ground Mic</i>	68
Gambar 4.6 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 4 & Step 7 TL 1E.....	69
Gambar 4.7 Skenario <i>Step Test</i> Pada DMA TL 1H	71
Gambar 4.8 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 3 & Step 5 TL 1H	72
Gambar 4.9 Skenario <i>Step Test</i> Pada DMA TL 2.2F	74
Gambar 4.10 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 4 DMA TL 2.2F.....	75
Gambar 4.11 Perbaikan Kebocoran Pada DMA TL 1E	77
Gambar 4.12 Data Logger Pada DMA TL 1E Sebelum PRV Terpasang	78
Gambar 4.13 Data Logger Pada DMA TL 1E Setelah PRV Terpasang	79

Gambar 4.14	Proses Pemasangan & Setting PRV Pada DMA TL 1E	80
Gambar 4.15	<i>Water Balance</i> PDAM Kota Malang Bulan Oktober	88
Gambar 4.17	Struktur Organisasi Tim Penurunan Kehilangan Air	102

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Indikatif Keakuratan Meter	18
Tabel 2.2 Langelier <i>Saturation Index Value</i>	22
Tabel 2.3 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Tengah	32
Tabel 2.4 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Utara.....	32
Tabel 2.5 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Timur Laut	33
Tabel 2.6 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Timur.....	33
Tabel 2.7 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Tenggara.....	33
Tabel 2.8 Jumlah Kepadatan Penduduk Tahun 2013 Malang Barat	34
Tabel 2.9 Kapasitas Produksi Air Baku	35
Tabel 2.10 Daftar Zona dan Jumlah DMA PDAM Kota Malang	37
Tabel 3.1 Contoh Blanko <i>Steptest</i>	44
Tabel 4.1 Zona Berdasarkan Urutan Tingkat Kehilangan Air	53
Tabel 4.2 <i>Water Balance</i> DMA Tlogomas Bulan Mei 2016.....	55
Tabel 4.3 DMA Tlogomas yang Belum Terbentuk Sempurna	56
Tabel 4.4 Profil DMA Tlogomas yang Terpilih.....	58
Tabel 4.5 Hasil Penelusuran Step Test DMA TL 1E	65
Tabel 4.6 Hasil Penelusuran <i>Step Test</i> Pada DMA TL 1H	70
Tabel 4.7 Hasil Penelusuran <i>Step Test</i> Pada DMA TL 2.2F	73
Tabel 4.8 Jenis Perbaikan Pada DMA TL 1E, 1H, 2.2F	76
Tabel 4.9 Jenis dan Usia Pipa PDAM Kota Malang	81
Tabel 4.8 <i>Water Balance</i> Periode Bulan Oktober 2016	81
Tabel 4.9 Profil DMA Tlogomas yang Terpilih Bulan Oktober 2016	82
Tabel 4.10 Hasil Uji Kualitas Air Reservoir Tlogomas PDAM Malang.....	83
Tabel 4.11 <i>Water Balance</i> Periode Bulan Oktober 2016	85
Tabel 4.12 Profil DMA Tlogomas yang Terpilih Bulan Oktober 2016	87
Tabel 4.13 Laporan Laba Rugi PDAM Kota Malang 2015	89
Tabel 4.14 Rencana Anggaran Biaya Untuk Perbaikan	90
Tabel 4.15 Tambahan Pendapatan dari Hasil Penurunan NRW	92
Tabel 4.16 Pendapatan dari Hasil Perbaikan Kebocoran	93

Tabel 4.17 Nilai NPV Pada DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F.....	94
Tabel 4.18 Nilai IRR Pada DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F.....	95
Tabel 4.19 Nilai BCR Pada DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F.....	96
Tabel 4.17 Strategi Pendanaan Program Penurunan Kehilangan Air	92
Tabel 4.18 Penilaian Kinerja Berdasarkan Kepmendagri No. 47	94
Tabel 4.19 Hasil Penilaian Kinerja Berdasarkan BPPSPAM.....	95
Tabel 4.20 Strategi Pendanaan Program Penurunan Kehilangan Air	97
Tabel 4.21 Penilaian Kinerja PDAM Berdasar Kepmendagri 47 Tahun 1999	99
Tabel 4.22 Jumlah Pegawai PDAM Berdasarkan Jabatan	101
Tabel 2.23 Uraian Pekerjaan Tim Penurunan Kehilangan Air.....	103
Tabel 2.24 Perhitungan Analisis Beban Kerja	109

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin berkembangnya Kota Malang tentunya memicu pertambahan jumlah penduduk dan mengakibatkan meningkatnya kebutuhan air minum. Kota Malang yang memiliki jumlah penduduk wilayah administratif sebesar 865.011 jiwa tersebar di 5 Kecamatan dan 57 Kelurahan (Dispendukcapil, 2015). Penyediaan air bersihnya diperoleh dari berbagai sumber seperti mata air, sumur bor (artesis), sumur pompa, dan sumur gali. Pemenuhan air bersih masyarakat Kota Malang dikelola oleh PDAM Kota Malang. Sebagian besar pelanggan PDAM Kota Malang berada di wilayah perkotaan. Jumlah pelanggan yang membutuhkan suplai air bersih meningkat setiap tahunnya. Hal ini tidak bisa dihindari karena jumlah penduduk Kota Malang terus menerus bertambah dan sektor usaha yang terus berkembang setiap tahunnya. Jumlah pelanggan PDAM Kota Malang sebanyak 147.695 KK dengan cakupan pelayanan air minum sebesar 80% dari jumlah penduduk wilayah (PDAM Kota Malang, 2016).

PDAM Kota Malang memiliki beberapa sumber mata air diantaranya adalah sumber Binangun, sumber Karangan, sumber Sumber Sari, sumber Wendit, dll. Dalam peningkatan pelayanan penyediaan air minum dan air bersih, Kota Malang memiliki upaya sehingga dapat memenuhi kriteria dari segi kuantitas, kualitas, dan kontinuitasnya. Salah satu upaya dalam meningkatkan pelayanan penyediaan air minum adalah dengan mengoptimalkan sistem penyediaan air minum dengan menurunkan kehilangan air baik fisik maupun non fisik (Farley dkk, 2008). Prosentase kehilangan air (*Non Revenue Water*) saat ini dalam sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang adalah sebesar 19,97%. Hal tersebut tentunya sudah dibawah standar toleransi angka kebocoran air bersih PDAM secara nasional menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2006 yaitu kehilangan air maksimal 20%. Akan tetapi PDAM Kota Malang memiliki target berdasarkan Peraturan Walikota Malang No. 7 Tahun 2014 yakni dalam kurun waktu 5 tahun mendatang prosentase kehilangan air dapat turun menjadi 16%. Tentunya untuk mencapai target tersebut tidaklah

mudah, karena pada kenyataannya analisis jumlah kebocoran fisik di sistem penyediaan air minum sulit untuk dilakukan. Hal ini disebabkan kehilangan air pada jaringan pipa penyediaan air minum yang bersifat sewaktu-waktu dan tidak dapat direncanakan. Selain kebocoran fisik terdapat pula kebocoran non fisik. Kebocoran non fisik tersebut dapat terjadi karena pembacaan meter yang tidak sesuai, pencurian air, dan lain-lain. Tentu saja hal itu dapat membuat buruknya kinerja Perusahaan Daerah Air Minum. Di sejumlah Negara berpenghasilan rendah, kerugian ini mewakili 50-60% dari pelayanan air dengan perkiraan global sekitar 35% (Farley dkk, 2008)

Beberapa PDAM memiliki tingkat kehilangan air hanya sekitar 20% bahkan kurang, akan tetapi banyak juga PDAM yang tingkat kebocorannya mencapai 60% atau lebih. Menurut data resmi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, rata-rata kehilangan air di Indonesia mencapai sekitar 37%. Apabila dihitung, peluang pendapatan yang hilang berdasarkan harga air rata-rata saat itu (Rp 1.900 per m³), sedangkan produksi +/- 130.000 liter/detik, maka kehilangan air fisik senilai dengan Rp 2 triliun, sedangkan kehilangan air komersial senilai Rp 0.9 triliun, dalam setahun. Secara total, kerugian mencapai 2.9 triliun rupiah pertahun (BPPSPAM, 2008). Besarnya nilai pembiayaan kerugian akibat kehilangan air tersebut merupakan alasan yang sangat kuat mengapa harus dilakukan berbagai upaya untuk menurunkan tingkat kehilangan air di Indonesia. Di samping itu, menurunkan kehilangan air berarti bertambahnya pendapatan bagi PDAM.

Program penurunan kehilangan air mensyaratkan perbaikan manajemen di seluruh aspek. Oleh karena itu selain aspek teknis dan aspek pembiayaan perlu dilakukan pula perbaikan dalam aspek kelembagaan. Untuk memenuhi tuntutan target penurunan prosentase kehilangan air, maka diperlukan suatu strategi peningkatan kinerja, sumber daya manusia, serta komitmen manajemen dan staf. Indikator penilaian peningkatan kinerja di perusahaan umumnya meliputi empat kelompok yaitu hasil kerja yang berhubungan dengan keuntungan perusahaan, kemampuan karyawan, pelayanan pelanggan, dan peningkatan karyawan (Amstrong, 1998 dan Mc.Clelland dalam Cira dan Benjamin, 1998). Penurunan kehilangan air bukanlah pekerjaan yang dapat selesai 1 sampai dengan 2 tahun,

melainkan pekerjaan yang harus dilakukan secara terus menerus. Maka sebaiknya dibentuk unit khusus untuk tim penurunan kehilangan air yang merupakan bagian resmi dari struktur organisasi PDAM (BPPSPAM, 2008). PDAM Kota Malang telah memiliki sebuah tim khusus untuk menangani kehilangan air (Peraturan Direksi Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang Nomor 30 Tahun 2013). Akan tetapi susunan organisasi tim tersebut perlu dievaluasi lagi apakah sesuai dengan analisis beban kerjanya. Keberhasilan dalam pencapaian target penurunan tingkat kehilangan air bersih di Kota Malang tergantung dari upaya-upaya perbaikan mekanisme perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian program. Selain itu penyediaan bantuan teknis atau sejenisnya ditingkat kabupaten, kecamatan, dan bahkan desa sangat diperlukan, guna meningkatkan kemudahan bagi masyarakat melakukan konsultasi teknis, serta mendapatkan informasi tentang program prasarana dan sarana air minum dan penyehatan lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam tesis ini adalah strategi apa yang sebaiknya diterapkan oleh PDAM Kota Malang untuk mengoptimalkan sistem penyediaan air minum dengan menurunkan tingkat kehilangan air, sehingga mencapai target penurunan kehilangan air sebesar 16%.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan tersebut maka yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini adalah menyusun dan menetapkan strategi penurunan kehilangan air minum di sistem distribusi PDAM Kota Malang dengan melakukan analisis pada aspek teknis, aspek pembiayaan, dan aspek kelembagaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi dan masukan mengenai upaya penurunan kehilangan air di sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang agar dapat memenuhi target Pemerintah Kota.

2. Sebagai bahan masukan bagi PDAM Kota Malang untuk mengambil kebijakan dalam rangka peningkatan kinerja.
3. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan di Kota Malang selama Bulan Agustus sampai dengan Bulan Desember 2016. Ruang lingkup penelitian ini adalah penurunan kehilangan air di Kota Malang fokus terhadap kehilangan air fisik di sistem distribusi, dengan menganalisis satu zona yang memiliki kehilangan air tinggi. Kemudian dari zona yang terpilih tersebut diambil 3 DMA dengan syarat memiliki kehilangan air yang paling tinggi, *minimum night flow* yang tinggi, dan memiliki status DMA sempurna. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis teknis dilakukan untuk menurunkan tingkat kehilangan air pada 3 DMA yang terdapat pada salah satu zona.
2. Analisis pembiayaan dilakukan dengan menghitung IRR, BCR, dan NPV untuk melihat kelayakan investasi.
3. Analisis kelembagaan dilakukan untuk mengkaji analisis beban kerja tim penurunan kehilangan air di PDAM Kota Malang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Minum

2.1.1 Sistem Distribusi Air

Dalam mengevaluasi sistem distribusi air minum didasarkan atas dua faktor utama yaitu kebutuhan air (*water demand*) dan tekanan air, serta ditunjang dengan faktor kontinuitas dan keamanan (*safety*). Fungsi pokok jaringan distribusi adalah menghantarkan air minum ke seluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas, kontinuitas dengan tekanan dan kecepatan air yang memenuhi standar. Kondisi yang diinginkan pelanggan adalah kapan saja mereka membuka kran air selalu tersedia. Air yang disuplai melalui jaringan pipa distribusi, sistem pengalirannya terbagi atas dua alternatif pendistribusian, yaitu :

1. Sistem Berkelanjutan (*Continuous Sistem*)

Pada sistem ini, suplai dan distribusi air kepada pelanggan dilaksanakan secara terus-menerus selama 24 (dua puluh empat) jam. Sistem ini diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air bersih dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air di daerah pelayanan.

- a. Keuntungan menggunakan sistem ini adalah pelanggan akan mendapatkan air minum setiap saat dan air minum yang diambil dari titik pengambilan air dalam jaringan distribusi selalu dalam kondisi segar.
- b. Kerugian sistem ini adalah pemakaian air akan cenderung lebih boros, dan bila ada sedikit kehilangan air, jumlah air terbuang akan sangat besar.

2. Sistem Bergilir (*Intermittent Sistem*)

Pada sistem ini air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada pelanggan dilakukan hanya selama beberapa jam dalam satu hari, yaitu dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi.

- a. Keuntungan sistem ini adalah pemakaian air cenderung lebih hemat dan bila terjadi kehilangan air maka jumlah air yang terbuang relatif kecil.

b. Kerugian menggunakan sistem ini adalah

- Bila terjadi kebakaran pada saat air tidak terdistribusi, maka air untuk pemadam kebakaran tidak akan tersedia.
- Setiap rumah perlu menyediakan tempat penyimpanan air yang cukup agar kebutuhan air dalam sehari dapat dipenuhi.
- Dimensi pipa yang dipakai lebih besar karena kebutuhan air yang akan disuplai dan didistribusikan dalam sehari ditempuh dalam waktu pendek.

Air yang telah diproduksi di unit produksi harus didistribusikan kepada masyarakat sebagai pelanggan air minum. Hal ini untuk menjamin kepastian akan kuantitas, kualitas dan kontinuitas pengaliran. Pendistribusian air minum dapat dilakukan dengan (Masduqi dan Assomadi, 2012):

- Sistem perpipaan, yaitu pendistribusian air minum melalui jaringan pipa distribusi hingga ke pelanggan. Untuk pendistribusian menggunakan perpipaan ini dapat dilakukan dengan pemompaan atau pengaliran secara gravitasi. Hal ini tergantung pada perbedaan elevasi antara unit produksi dengan daerah pelayanan.
- Sistem non-perpipaan, yaitu pendistribusian air minum tidak melalui jaringan pipa distribusi, melainkan menggunakan alat transportasi untuk mengangkut air dari unit produksi menuju ke pelanggan, seperti mobil tangki, gerobak dorong, dan lain-lain.

2.1.2 Sistem Jaringan Induk dan Perpipaan Distribusi air

Jaringan pipa induk merupakan pipa distribusi yang memiliki diameter terbesar sehingga jangkauan pelayanannya luas. Secara fisik pipa induk dapat mengalirkan air sampai akhir tahap perencanaan dengan debit jam puncak, memiliki ketahanan yang tinggi namun tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen (Dirjen Cipta Karya, 2009).

Sistem jaringan induk perpipaan yang dipakai dalam mendistribusikan air bersih terdiri atas dua sistem yaitu (Al-Layla, 1980):

- a. Sistem Cabang (*Branch Sistem*). Pada sistem ini, air hanya mengalir dari satu arah dan pada setiap ujung pipa akhir daerah pelayanan terdapat titik akhir

(*dead end*). Pipa distribusi tidak saling berhubungan, area pelayanan disuplai air melalui satu jalur pipa utama.

b. Sistem Melingkar (*Loop Sistem*)

Pada sistem ini, pipa induk distribusi saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk jaringan melingkar (*loop*) sehingga pada pipa induk tidak ada titik mati dan air akan mengalir ke suatu titik yang dapat melalui beberapa arah dengan tekanan yang relatif stabil.

c. Sistem Kombinasi (*Combination Sistem*)

Sistem jaringan perpipaan kombinasi merupakan gabungan dari sistem jaringan perpipaan bercabang (*Branching Sistem*) dan sistem melingkar (*Loop Sistem*).

Sistem distribusi adalah jaringan perpipaan untuk mengalirkan air minum dari reservoir menuju daerah pelayanan/konsumen (Al-Layla, 1980). Perencanaan sistem distribusi air minum didasarkan atas dua faktor utama yaitu kebutuhan air (*water demand*) dan tekanan air, serta ditunjang dengan faktor kontinuitas dan *safety* (keamanan).

2.1.3 Intake dan Jaringan Pipa Transmisi

Intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk dari sungai, danau atau sumber air permukaan lainnya ke instalasi pengolahan. Bangunan *intake* ini berfungsi sebagai bangunan pertama untuk masuknya air dari sumber air. Pada umumnya, sumber air untuk pengolahan air bersih, diambil dari sungai. Pada bangunan intake ini biasanya terdapat *bar screen* yang berfungsi untuk menyaring benda-benda yang ikut tergenang dalam air. Selanjutnya, air akan masuk ke dalam sebuah bak yang nantinya akan dipompa ke bangunan selanjutnya, yaitu WTP – *Water Treatment Plant* (Dirjen Cipta Karya, 2009).

Jaringan pipa transmisi adalah jalur pipa pembawa air bersih dari titik awal transmisi air bersih ke titik akhir transmisi air bersih. Fungsi transmisi (*transmission*) adalah mengalirkan air dari sumbernya (*collection sistem*) ke awal sistem distribusi. Jarak antara sumber air dan sistem distribusi boleh jadi berkilo-kilometer tetapi bisa juga dekat. Kualitas air yang ditransmisikannya bisa berupa

air baku, bisa juga air bersih (olahan, baik setengah diolah maupun sudah selesai diolah).

2.1.4 Unit Reservoir

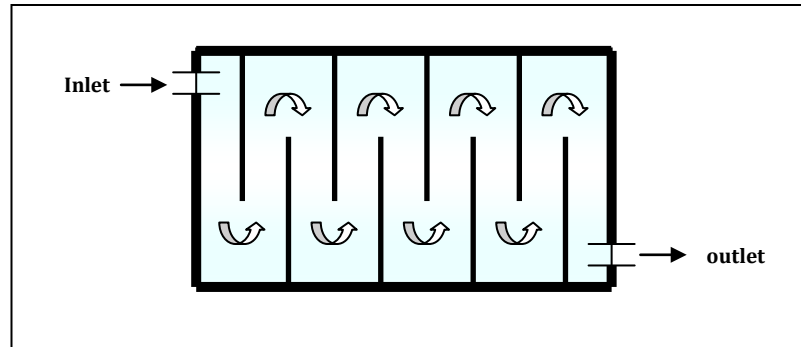
Sebelum didistribusikan, air masuk ke dalam reservoir. Reservoir merupakan suatu bangunan konstruksi yang berfungsi untuk menampung air yang telah diolah untuk didistribusikan kepada konsumen. Reservoir dipergunakan untuk menyediakan tampungan air guna memenuhi fluktuasi jumlah pemakaian air. Pada saat pemakaian air dibawah konsumsi air rata-rata maka suplai air yang lebih akan ditampung didalam reservoir untuk mengimbangi pemakaian air dalam jumlah yang besar pada jam-jam puncak. Reservoir juga diperlukan untuk menyediakan tampungan air bagi penanggulangan kebakaran, serta untuk menstabilkan tekanan didalam sistim distribusi dan juga sebagai pemeratan aliran dan tekanan akibat fluktuasi pemakaian air di daerah distribusi.

Reservoir harus terletak sedekat mungkin dengan pusat pemakaian. Pemakaian air didalam reservoir harus cukup tinggi untuk memungkinkan aliran gravitasi dengan tekanan yang cukup ke sistim distribusi yang akan dilayani. Pada kota-kota besar beberapa reservoir dapat diletakkan pada titik-titik strategis didalam kota. Air biasanya dipompakan ke dalam suatu reservoir dan kemudian dilepaskan ke jaringan sistim distribusi dengan aliran gravitasi. Kapasitas yang dibutuhkan dari suatu reservoir ditetapkan berdasarkan topografi dan ciri-ciri lain dari daerah yang dilayani.

Reservoir ini biasanya diletakkan di tempat dengan elevasi lebih tinggi daripada tempat-tempat yang menjadi sasaran distribusi. Biasanya terletak di atas bukit atau gunung. Setelah dari reservoir, air bersih siap untuk didistribusikan melalui pipa-pipa dengan berbagai ukuran ke tiap daerah distribusi. Jenis reservoir meliputi (Dirjen Cipta Karya, 2009) :

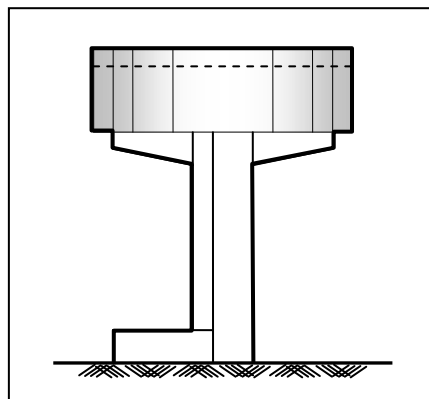
- a. *Ground reservoir* yaitu bangunan penampung air bersih di bawah permukaan tanah. Karena letaknya tersebut maka reservoir ini sangat dipengaruhi oleh fluktuasi permukaan air, oleh sebab itu konstruksi reservoir jenis ini dilengkapi dengan sekat-sekat pembatas. Hal tersebut dikarenakan prinsip utama dalam penyimpanan air adalah tidak boleh terdapat sedimentasi.

Ground reservoir harus dapat menampung 2/3 dari volume total kebutuhan air maksimum harian daerah pelayanan pada tahun akhir umur teknis reservoir tersebut.



Gambar 2.1 *Ground Reservoir*

- b. *Elevated reservoir* adalah bangunan penampung air yang terletak di atas permukaan tanah dengan ketinggian tertentu sehingga tekanan air pada titik terjauh masih tercapai. Volume yang dapat harus ditampung minimal 1/3 dari volume total kebutuhan harian maksimum daerah pelayanan.



Gambar 2.2 *Elevated Reservoir*

Kapasitas Reservoir baik *ground reservoir* maupun *elevated reservoir* ditentukan dengan analisa fluktuasi pemakaian air dan pengalirannya yang didasarkan pada akumulasi kuantitas pengaliran dan pemakaian air selama satu hari. Rumus yang digunakan menentukan volume reservoir adalah :
Rumus-rumus yang dipakai dalam perencanaan reservoir adalah:

- a. Volume total reservoir :

$$V = (\% \text{ reservoir} \times Q_{hm}) \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Volume tiap reservoir :

$$\text{Volume elevated} = 1/3 \times V \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Volume ground} = 2/3 \times V \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Dimana : } V = \text{Volume (m}^3\text{)}$$

$$Q_{hm} = \text{Pemakaian hari maksimum (m}^3\text{)}$$

c. Dimensi ground reservoir :

Bentuk segi empat, dengan free board 0,30 meter.

Perbandingan panjang : lebar = 2 : 1

2.1.5 Unit Pompa

Pompa merupakan salah satu alat yang berperan penting dalam proses pengolahan air. Berfungsi mendistribusikan air dari sumber air ke tempat pengolahan air, menyalurkan air ke konsumen dan sebagainya. Jenis-jenis pompa air pun sangat banyak tergantung dari kegunaannya.

Di dalam penyediaan air bersih pompa digunakan pada intake, sumur pengumpul, unit *treatment*, sistem distribusi dengan memakai pompa jenis sentrifugal. Pompa dibutuhkan untuk dapat memberikan *head* tertentu dan untuk menghantarkan kuantitas air. Prinsip kerja pompa adalah menambah energi ke air atau cairan lainnya secara mekanik. Beberapa istilah yang penting adalah kapasitas pompa, *head*, dan daya pompa.

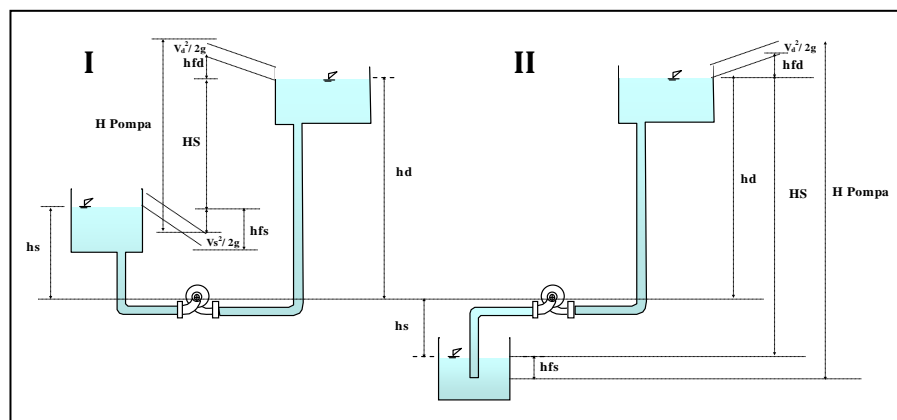
Kapasitas pompa (*flow rate*) adalah volume cairan yang dipompa per unit waktu yang bisa dinyatakan dalam liter/detik, meter kubik/detik, galon per menit atau lainnya.

Head adalah elevasi permukaan air bebas diatas atau dibawah datum. Ada beberapa macam bentuk *head*, seperti yang diuraikan sebagai berikut :

- Static suction head (h_s)*, adalah jarak vertikal dari permukaan air yang dihisap dengan pusat pompa (datum pompa).
- Static discharge head (h_d)*, adalah jarak vertikal antara datum pompa dengan permukaan air tekan.
- Static Head (H_s)*, adalah perbedaan elevasi antara level cairan tekan dengan level cairan hisap.

- d. *Friction (f_d)* , adalah head cair yang harus diberikan untuk mengatasi friction loss akibat adanya aliran fluida melalui saluran perpipaan.
- e. *Velocity Head ($V_d^2/2g$)*, adalah head yang timbul diakibatkan oleh air untuk menjaga kecepatan V_d . Ini adalah energi kecepatan yang ditambahkan ke dalam cairan pompa.
- f. *Tekanan Admosfir (H_a)* adalah perbedaan tekanan admosfir pada permukaan air *discharge* dan *suction*.

Berikut adalah **Gambar 2.3** yang mengilustrasikan berbagai macam *Head* pompa.



Gambar 2.3 Macam Head Pompa

(Sumber: Farley dkk, 2008)

2.1.6 Kehilangan Air

Kehilangan air adalah selisih antara banyaknya air yang disediakan dengan air yang dikonsumsi (*Obradovic dan Landsdale 1998*). Dalam kenyataannya kehilangan air dalam suatu sistem distribusi air minum selalu ada. Kehilangan air ini dapat bersifat teknis, misalnya kehilangan air pada pipa itu sendiri, sedangkan yang bersifat non teknis misalnya pencurian air dalam pipa distribusi. Oleh sebab itu dalam pengembangan sistem pada penelitian ini juga diperhitungkan kehilangan air dengan maksud agar titik-titik pelayanan tetap dapat terpenuhi kebutuhan airnya.

Dalam suatu perencanaan perpipaan, kehilangan air pipa tidak dapat dihindari. Kehilangan air bersifat teknis. Besarnya kehilangan air harus diperhatikan dengan tujuan agar titik-titik pelayanan tetap dapat terpenuhi

kebutuhan airnya. Menurut Dirjen Cipta Karya (2009) kehilangan air didefinisikan sebagai jumlah air yang hilang akibat:

1. Pemasangan sambungan yang tidak tetap.
2. Terkena tekanan dari luar sehingga menyebabkan pipa retak atau pecah.
3. Penyambungan liar.

Untuk mengetahui jika terjadi kehilangan air yang tidak tepat misalnya air rembesan dari keretakan pipa, dapat diatasi dengan alat pendeteksi kehilangan air yang disebut *leak detector*. Sedangkan upaya untuk mengurangi terjadinya kehilangan air yang lebih besar dalam perencanaan sistem distribusi air dilakukan pembagian wilayah atau zoning untuk memudahkan pengontrolan kehilangan air pipa, serta pemasangan meteran air.

Langkah pertama dalam mengurangi kehilangan air adalah dengan mengembangkan satu pemahaman mengenai gambaran besar tentang sistem air yang mencakup penyusunan satu neraca air (*water balance*). Proses ini membantu untuk memahami besaran, sumber, dan biaya kehilangan air. Asosiasi Air Internasional (*International Water Association*) telah mengembangkan satu struktur dan terminologi baku untuk neraca air internasional yang telah diadopsi oleh asosiasi-asosiasi nasional di banyak Negara (**Gambar 2.4**)

Volume Input Sistem	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening	Air Berekening
			Konsumsi Tak Bermeter Berekening	
		Konsumsi Resmi Tak Berekening	Konsumsi Bermeter Tak Berekening	Air Tak Berekening (NRW)
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berkerening	
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non-Fisik	Konsumsi Tak Resmi	
			Ketidakakuratan Meter Pelanggan dan Kesalahan Penanganan Data	
		Kehilangan Air Fisik	Kebocoran pada Pipa Distribusi dan Transmisi	
			Kebocoran dan Luapandari Tangki-Tangki Penyimpanan Perusahaan Air Minum	
			Kebocoran di Pipa Dinas hingga ke Meter Pelanggan	

Gambar 2.4 Neraca Air yang Menunjukkan Komponen NRW

(Sumber: Farley dkk, 2008)

Air Tak Berekening (*Non-revenue water*) setara dengan jumlah total air yang mengalir ke jaringan layanan air minum dari sebuah instalasi pengolahan air bersih (volume input sistem) minus jumlah total air yang resmi bisa digunakan industry dan pelanggan rumah tangga (konsumsi resmi). Rumus yang dipakai dalam menghitung air tak berekening adalah:

$$\text{NRW} = \text{Volume Input Sistem} - \text{Konsumsi Resmi Berekening} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- NRW : Air Tak Berekening (*Non Revenue Water*).
- Vol. Input Sistem : Input volume tahunan ke dalam system penyediaan air bersih.
- Konsumsi Resmi : Volume tahunan air bermeter dan tidak bermeter yang diambil oleh pelanggan yang terdaftar.

Langkah-langkah untuk menghitung NRW dengan menggunakan neraca air dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Langkah 1 : Menentukan volume input sistem.
- Langkah 2 : Menentukan konsumsi resmi.
 - Berekening : Total volume air yang ditagih rekeningnya oleh PDAM.
 - Tak Berekening: Total volume air yang tersedia tanpa dipungut biaya.
- Langkah 3 : Memperkirakan kerugian nonfisik/komersial.
 - Pencurian air dan pemalsuan.
 - Sedikitnya meter yang terdaftar.
 - Kesalahan penanganan data.
- Langkah 4 : Menghitung kerugian fisik
 - Kehilangan air pada pipa transmisi.
 - Kehilangan air pada pipa distribusi.
 - Kehilangan air pada tempat penampungan air dan luapan.
 - Kehilangan air pada sambungan pipa pelanggan.

Pada hakekatnya neraca air merupakan kerangka untuk menilai kondisi kehilangan air di suatu PDAM. Perhitungan neraca air berarti juga:

- Mengungkap ketersediaan/keandalan data dan tingkat pemahaman terhadap situasi Air Tak Berekening (ATR).
- Menciptakan kesadaran tentang adanya masalah Air Tak Berekening (ATR).
- Petunjuk langsung menuju perbaikan.

Neraca air juga menjadi alat untuk komunikasi dan benchmarking, karena menggunakan indikator-indikator yang disepakati, seragam dan dapat diperbandingkan di seluruh dunia. Memahami neraca air hukumnya wajib untuk penyusunan prioritas perhatian dan investasi (BPPSPAM, 2013).

PDAM Kota Malang telah melakukan penyusunan laporan neraca air yang intens dilaporkan sejak tahun 2010. Laporan neraca air PDAM Kota Malang untuk periode tahun sebelumnya dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Untuk penyusunan neraca air data awal yang wajib diketahui adalah data input sistem yaitu data debit keseluruhan produksi yang masuk ke pipa distribusi (setiap pipa produksi harus ada meter induknya), data pemakaian air yang terbayar di billing sistem, & kemudian data seluruh kegiatan resmi yang berpotensi mengeluarkan air. Data-data tersebut kemudian didefinisikan lagi mana yang masuk di input sistem, air bermeter berekening, air bermeter tak berekening, air tak bermeter berekening & air tak bermeter tak berekening. Berikut laporan neraca air PDAM Kota Malang untuk tahun 2016 (**Gambar 2.5**).

VOL INPUT SISTEM 43205828 M3	KONSUMSI RESMI 34381103 M3 79.58%	KONSUMSI RESMI BEREKENING 30691961 M3 71.04%	KONSUMSI BERMETER BEREKENING 30609026 M3 70.84%		AIR BEREKENING 30691961 M3 71.04%
		KONSUMSI TAK BERMETER BEREKENING 82935 M3 0.1920%			
		KONSUMSI RESMI TAK BEREKENING 3689142 M3 8.54%	KONSUMSI BERMETER TAK BEREKENING 1481263 M3 3.43%		AIR TAK BEREKENING 12513867 M3 28.96%
	KEHILANGAN AIR 8824725 M3 20.42%	KEHILANGAN AIR NON FISIK 4220582 M3 9.77%	KONSUMSI TAK BERMETER TAK BEREKENING 2207879 M3 5.11%		
			KONSUMSI TAK RESMI 1712609 M3 3.96%		
			KETIDAKAKURATAN METER & PENANGANAN DATA 2507973 M3 5.80%		
		KEHILANGAN AIR FISIK 4604143 M3 10.66%			

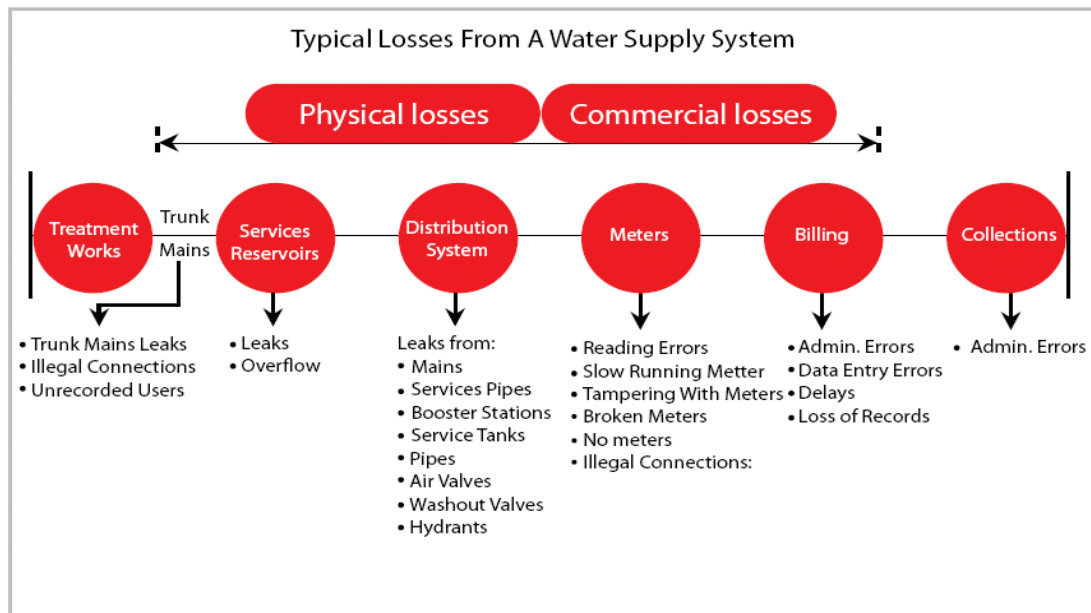
Gambar 2.5 Neraca Air PDAM Kota Malang Tahun 2015

(Sumber: PDAM Kota Malang, 2016)

Untuk dapat menghitung neraca air, diperlukan pemahaman terhadap sistem produksi dan distribusi yang diterapkan dalam suatu PDAM. Umumnya PDAM mempunyai sistem produksi, transmisi, distribusi, meter pelanggan, sistem pencatatan pemakaian air dan rekening. Pada sistem- sistem yang tersebut diatas terdapat kemungkinan-kemungkinan kehilangan air. Program bantu untuk menghitung neraca air adalah “WB Easy Calc” yang diterbitkan oleh Limberger and Partner dan dapat dipergunakan secara bebas tanpa biaya. Program ini dijalankan menggunakan program Microsoft Excel (BPPSPAM, 2013). Adapun data-data yang diperlukan untuk menghitung neraca air, diantaranya adalah data volume air yang didistribusikan, data tarif, data teknis, dan sebagainya. Secara lebih rinci data dan alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Gambar nyata laksana jaringan perpipaan (*as built drawing*), terutama untuk zona *District Meter Area* (DMA).
2. Jumlah pelanggan tahun yang dihitung.
3. Jumlah konsumsi air/penjualan air berdasarkan kategori pelanggan untuk tahun yang dihitung.
4. Tarif air per katagori dan tarif rata-rata.
5. Jumlah sambungan (aktif, diputus tapi pipa dinas masih terpasang).

6. Rincian biaya produksi tahun yang dihitung.
7. Rincian biaya operasional tahun yang dihitung.
8. Kehilangan air 5 tahun terakhir.
9. Target kehilangan air 5 tahun ke depan (bila ada).
10. Data dasar untuk pengisian neraca air.



Gambar 2.6 Tipikal Kehilangan Air Dalam Sistem Penyediaan Air Minum

(Sumber: *Ranhill Water Services*, 2005)

Kehilangan air yang sering terjadi dalam pengelolaan sistem penyediaan air minum PDAM dikelompokkan dalam 2 jenis yaitu kehilangan air secara fisik dan kehilangan air non fisik.

2.1.6.1 Kehilangan air Fisik

Kehilangan air fisik dalah hilangnya sejumlah air minum pada proses penyediaan, pendistribusian dan pelayanan air minum PDAM yang diperlihatkan oleh adanya aliran air secara fisik yang keluar dari sistem jaringan pipa distribusi dan pelayanan PDAM. Penyebab terjadinya kehilangan air secara fisik yaitu:

1. Faktor Teknis, antara lain :
 - a. Kehilangan air pada pipa distribusi dan perlengkapannya .

- b. Kehilangan air pada pipa dinas dan komponen instalasi Sambungan Rumah (SR) sebelum meter air.
 - c. Penggunaan *fire hydrant*, pengurasan jaringan pipa, penggunaan air instalasi produksi.
2. Faktor Non Teknis, antara lain:
- a. Sambungan tidak terdaftar/illegal.
 - b. Pencurian air.
 - c. Kecurangan pelanggan (pemasangan pipa *by-pass* di instalasi Sambungan Rumah).

Kehilangan air fisik ada beberapa jenis, diantaranya adalah:

- Semburan/kebocoran yang dilaporkan (*reported burst*)
Semburan airnya terlihat dan muncul di permukaan tanah, sehingga mudah dilaporkan oleh masyarakat.
- Semburan/kebocoran yang tidak dilaporkan (*unreported burst*)
Kebocoran terletak di bawah tanah dan tidak terlihat di permukaan. Semburan/kebocoran jenis ini dapat ditemukan dengan melakukan survey deteksi kebocoran menggunakan alat *leak detector*.
- Semburan/kebocoran kecil (*background leakage*)
Kebocoran merupakan rembesan yang sangat kecil dan sangat sulit terdeteksi meskipun menggunakan alat *leak detector*.

2.1.6.2 Kehilangan Air Non Fisik

Kehilangan air non fisik adalah hilangnya sejumlah air minum pada proses pendistribusian dan pelayanan air minum kepada pelanggan PDAM yang tidak diperlihatkan oleh adanya aliran air secara fisik yang keluar dari sistem jaringan pipa distribusi dan pelayanan PDAM. Penyebab terjadinya Kehilangan air non fisik yaitu:

3. Faktor Teknis, antara lain :

- a. Meter air tidak akurat

Salah satu penyebab kehilangan air komersial yang paling banyak ditemui adalah akurasi meter. Meter air mekanikal, yang didalamnya

terdapat roda atau gigi yang terbuat dari bahan plastik, seiring dengan usia akan aus, dan menyebabkan meter air mencatat lebih rendah dari pemakaian semestinya. Oleh sebab itu meter harus secara berkala ditera ulang (re-kalibrasi) Meter air jenis ultra sonic dan magnetic tidak terlalu terpengaruh ketelitiannya oleh usia meter. Kualitas air yang buruk juga merupakan salah satu penyebab turunnya kinerja meter air. Bisa lebih cepat memburuk apabila airnya agresif. Pengendapan kotoran bisa mempengaruhi mekanik meter, sehingga meter gagal mencatat aliran.

4. Faktor Non Teknis, antara lain :
 - a. Kesalahan pembacaan angka pada meter air Sambungan Rumah (SR)
 - b. Kesalahan pencatatan hasil pembacaan meter air Sambungan Rumah (SR)
 - c. Kesalahan perhitungan hasil pembacaan meter air Sambungan Rumah (SR)
 - d. Hasil pembacaan meter air Sambungan Rumah (SR) yang diperkirakan
 - e. Meter air Sambungan Rumah (SR) tidak dibaca
 - f. Kecurangan pelanggan (meter air ditempel magnet, ditusuk jarum, ditetesi larutan garam, dimiringkan, dibalik dsb).

Keakuratan meter pencatat debit dan air masuk (*flow meter*) produksi sangat menentukan untuk menghitung NRW sistem. Ada berbagai jenis meter yang mempunyai keakuratan bervariasi (**Tabel 2.1**)

Tabel 2.1 Indikatif Keakuratan Meter

Peralatan/Metode	Kisaran Perkiraan Keakuratan
Meter Air Elektromagnetik	<0,15 -0,5%
Meter Air Ultrasonik	0,5 - 1%
<i>Insertion Meter</i>	<2%
Meter Mekanik	1,0 - 2%
Meter Venturi	0,5 -3%
<i>Meas Weir</i> di saluran terbuka	10-50%
Volume dihitung dengan kurva pompa	10-50%
Catatan: Keakuratan meter sesungguhnya akan tergantung pada banyak faktor (seperti profil aliran, kalibrasi, pemasangan meter, perawatan) dan harus diverifikasi kasus per kasus	

Sumber: Farley dkk, 2008

Adapun terjadinya Kehilangan air secara fisik dan non fisik pada proses pendistribusian dan pelayanan air minum PDAM disebabkan oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Faktor penyebab kehilangan air secara fisik
 - a. Kualitas material yang digunakan kurang baik
 - b. Pekerjaan pemasangan pipa kurang baik
 - c. Pekerjaan galian dan penimbunan kembali pipa tidak memenuhi syarat
 - d. Tekanan air pada sistem jaringan pipa terlalu tinggi
 - e. Umur material telah melewati batas umur teknisnya
2. Faktor penyebab kehilangan air secara non fisik
 - a. Kemampuan petugas pembaca meter air Sambungan Rumah (SR) rendah
 - b. Pengetahuan pelanggan PDAM rendah
 - c. Penerapan peraturan belum dilakukan/tidak tegas.

Program yang direncanakan untuk menurunkan kehilangan air meliputi :

1. *Pemasangan Dan Penggantian Water Meter Induk*

Pemasangan dan penggantian water meter induk dilakukan terhadap :

- a. Water meter induk produksi (terdapat pada unit sumber air baku).
- b. Water meter induk distribusi (terdapat pada unit reservoir)

2. *Pemasangan Dan Penggantian Water Meter Konsumen*

Pemasangan dan penggantian water meter konsumen dilakukan terhadap :

- a. Water meter konsumen yang belum terpasang
- b. Water meter konsumen yang rusak
- c. Water meter konsumen yang buram (sulit dibaca)
- d. Water meter konsumen yang umur teknisnya sudah habis (berumur lebih dari 5 tahun).

3. *Rehabilitasi Pipa*

Rehabilitasi pipa dilakukan terhadap pipa transmisi dan pipa distribusi berdasarkan lokasi yang prioritas menggunakan pipa HDPE. Sejak

diluncurkan program NRW pada tahun 2012, PDAM Kota Malang menggunakan pipa HDPE dan GI untuk memperbaikannya.

4. *Pressure Management*

Manajemen tekanan merupakan salah satu elemen yang paling mendasar dalam strategi pengelolaan kehilangan air yang kuat. Laju kehilangan air dalam jaringan distribusi air merupakan satu fungsi tekanan pompa atau menurut gravitasi. Ada sejumlah metode untuk mengurangi tekanan dalam sistem, termasuk pompa pengendali kecepatan variabel dan zoning tekanan berdasarkan elevasi. Namun yang paling umum dan efektif dari segi biaya adalah katup pengurang tekanan otomatis (*Pressure Reducing Valve*) atau PRV. Alat tersebut nantinya akan dipasang pada titik-titik strategis dalam jaringan untuk mengurangi atau mempertahankan tekanan jaringan pada tingkat tertentu yang sudah ditetapkan. Katup pada PRV menjaga tekanan hilir yang sudah ditetapkan sebelumnya tanpa memperhatikan tekanan hulu atau fluktuasi laju aliran. PRV biasanya diletakkan di pipa inlet DMA sejajar dengan meter air DMA. PRV yang dipasang di setiap DMA harus dilakukan setting terlebih dahulu. Langkah-langkah untuk melakukan setting pada PRV adalah sebagai berikut:

- Ukur pressure di lokasi *critical point*, kemudian pasang pressure logger non online
- Ukur pressure di inlet dan outlet PRV
- Buka isolating valve dan/ball valve
- Buka stop valve
- Buang udara dalam bonnet dengan membuka plug fenting PRV
- Arahkan solenoid ke posisi off ketika mengatur tekanan low
- Atur tekanan pada downstream dengan memutar pilot
- Apabila ingin menambah tekanan downstream, putar searah jarum jam
- Apabila ingin mengurangi tekanan downstream, putar berlawanan jarum jam
- Buka solenoid ON ketika setting tekanan high
- Setting timer

- Pastikan nilai pressure apakah sudah sesuai dengan keinginan dengan cara control manual di solenoid (on-off manual)
- Setting selesai

5. Pemantauan District Meter Area (DMA)

Pemantauan *District Meter Area* (DMA) dilakukan dengan cara membandingkan debit yang masuk DMA dengan pemakaian pelanggan di DMA tersebut. Kemudian setelah mengetahui prosentase NRW di DMA tersebut dan apabila nilai prosentase NRWnya $> 30\%$, maka akan dilakukan tindakan penurunan NRW dengan metode *step test* dan *survey commercial losses*.

6. Pemantauan Kualitas Air

Kualitas air sangat berpengaruh terhadap kondisi pipa dan aksesorisnya. Air dapat menyebabkan korosif maupun kerak. Dalam operasi pengolahan air korosi dapat terjadi pada hampir seluruh logam yang terkena air. Ada beberapa faktor yang menyebabkan korosi yaitu (Roberge dkk, 1999):

1. Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) \rightarrow DO berperan dalam sebagian proses korosi, bila konsentrasi DO naik, maka kecepatan korosi akan naik.
2. Zat padat terlarut jumlah (*Total Dissolved Solid*) \rightarrow konsentrasi TDS sangatlah penting, karena air yang mengandung TDS merupakan penghantar arus listrik yang baik dibandingkan dengan air tanpa TDS. Aliran listrik diperlukan untuk terjadinya korosi pada pipa logam, oleh karena itu jika TDS naik, maka kecepatan korosi akan naik.
3. pH dan Alkalinitas \rightarrow mempengaruhi kecepatan reaksi, pada umumnya pH dan alkalinitas naik, kecepatan korosi akan naik.
4. Temperatur \rightarrow makin tinggi temperatur, reaksi kimia lebih cepat terjadi dan naiknya temperatur air pada umumnya menambah kecepatan korosi.
5. Tipe logam yang digunakan untuk pipa dan perlengkapan pipa \rightarrow logam yang mudah memberikan elektron atau yang mudah teroksidasi, akan mudah terkorosi.
6. Aliran listrik \rightarrow Aliran listrik yang diakibatkan oleh korosi sangat lemah dan isolasi dapat menghalangi aliran listrik antara logam-logam yang berbeda, sehingga korosi Galvanis dapat dihindari. Bilamana aliran listrik

yang kuat melewati logam yang mudah terkorosi, maka akan menimbulkan aliran nyasar dari sistem pemasangan listrik di pelanggan yang tidak menggunakan aarde, hal ini menyebabkan korosi cepat terjadi.

7. Bakteri → tipe bakteri tertentu dapat mempercepat korosi, karena mereka akan menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen sulfida (H_2S), selama masa putaran hidupnya. CO_2 akan menurunkan pH secara berarti sehingga menaikkan kecepatan korosi. H_2S dan besi sulfida, FeS_2 , hasil reduksi sulfat (SO_4^{2-}) oleh bakteri pereduksi sulfat pada kondisi anaerob, dapat mempercepat korosi bila sulfat ada di dalam air. Zat-zat ini dapat menaikkan kecepatan korosi. Jika terjadi korosi logam besi maka hal ini dapat mendorong bakteri besi (iron bacteria) untuk berkembang, karena mereka senang dengan air yang mengandung besi.

Korosifitas dan pembentukan kerak dapat diketahui dengan menghitung Indeks Stabilitas atau Langelier Index (LI) atau Saturation Index (SI) atau disingkat LSI. Langelier Index memberikan indikasi apakah air bersifat membentuk kerak atau menimbulkan korosif. Hasil dari perhitungan Langelier Index menghasilkan nilai LSI index value. Interpretasi dari Langelier Index value dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Langelier Saturation Index Value

No.	LSI Index Value	Indikasi
1	2,0	Pembentukan kerak (<i>scale</i>) dan tidak menimbulkan korosif
2	0,5	Sedikit membentuk kerak (<i>scale</i>) dan menimbulkan korosif
3	0,0	Netral
4	-0,5	Sedikit menimbulkan korosif tetapi tidak membentuk kerak
5	-2,0	Sangat korosif

Sumber: Rafferty, 1999

2.1.6.3 Metode Pencarian Kehilangan Air

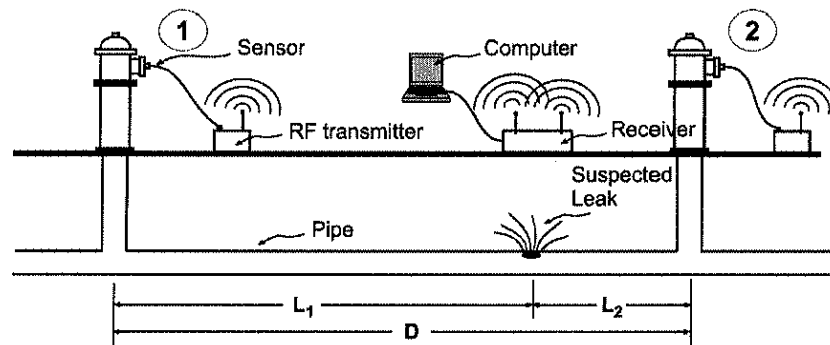
Pencarian kehilangan secara aktif adalah salah satu tindakan dalam rangka untuk mengendalikan kehilangan air. Perlu adanya metode yang sangat efektif dalam pencarian kehilangan air, salah satu metode yang cukup terkenal adalah *Steptest*, yaitu teknik untuk mencari lokasi atau area dengan jumlah kehilangan air terbesar di dalam DMA (Asmara, 2015). Untuk menjalankan *steptest* dilakukan pada waktu pemakaian minimum antara pukul 24.00 – 02.00. Secara teknis pelaksanaan *steptest* adalah dengan memasang *flow meter portable* (*ultrasonic flow meter*) di pipa inlet DMA yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian *valve* di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan. Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

2.1.6.4 Alat Pendeteksi Kehilangan Air

Deteksi kehilangan air dapat dilakukan dengan menggunakan alat pendeteksi kehilangan air, diantaranya adalah:

a. Alat Perekam Suara (*Noise Loggers*)

Noise loggers prinsip kerjanya yaitu menyimpan suara di pipa kemudian menginformasikan suara-suara yang diduga disebabkan oleh kehilangan air. Setiap *loggers* ditempatkan pada satu hidran, meter air, atau *surface fitting* lainnya. Kemudian dari sinyal yang diperoleh, *noise loggers* akan menentukan ruas pipa yang terdapat indikasi bocor tertinggi dengan radius tertentu. **Gambar 2.7** merupakan ilustrasi cara kerja dari *noise loggers*.



Gambar 2.7 Cara Kerja *Noise Loggers*

(Sumber: Hunaidi dan Wang, 2006)

b. *Ground microphone*

Ground microphone secara elektronik melipatgandakan suara kehilangan air. Alat ini dapat digunakan baik dalam mode kontak atau survei. Mode kontak untuk mendeteksi suara pada fitting, serupa dengan pipa suara elektronik. Sedangkan mode survei digunakan untuk mencari kebocoran-kebocoran pada sisi panjang jalur pipa antara *fitting*. *Ground microphone* dapat pula digunakan untuk pemantauan titik bocor dari jarak titik bocor yang dihasilkan dengan *leak noise loggers* atau *leak noise correlator*. Alat ini juga bisa efektif digunakan deteksi kehilangan air apabila panjang ruas pipanya pendek. Berikut adalah **Gambar 2.8** cara kerja *ground microphone*.



Gambar 2.8 Cara Kerja *Ground Microphone*

(Sumber: Hunaidi, 2000)

c. *SCADA Sistem*

Sistem monitoring yang dikenal di PDAM adalah SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), yaitu sebuah sistem yang memungkinkan

pengoperasian secara otomatis dan jarak jauh terhadap segala proses produksi air minum dan distribusinya. Sistem SCADA ini juga digunakan dalam proses industri dan juga utilitas umum lainnya (PAM DKI, 2014). Software SCADA sebagai salah satu software yang *real-time* sangat dibutuhkan, terutama sebagai pengontrol suatu sistem yang membutuhkan kecepatan dalam mengatasi berbagai kondisi yang mungkin dapat terjadi sewaktu-waktu dan sulit diatasi langsung oleh manusia. Aplikasi software SCADA ini sangat tepat untuk digunakan pada sistem distribusi air minum. Kelemahan sistem distribusi air minum sekarang, salah satunya adalah adanya kehilangan air pada pipa. Kehilangan air pipa pada instansi PDAM umumnya sangat sulit diantisipasi dengan cepat karena keterbatasan personil PDAM yang harus melakukan survei setiap pipa secara langsung. Kehilangan air akan menyebabkan kerugian yang sangat besar bagi PDAM. Dengan adanya teknologi SCADA, PDAM akan mendapat berbagai kemudahan antara lain pengontrolan perangkat distribusi air secara *real-time* dan otomatisasi proses pendistribusian air (Pasila, 2002).

2.2 Aspek Pembiayaan

2.2.1 Kelayakan Investasi

Investasi berasal dari kata *Investment* yang mempunyai arti menanamkan uang atau menanamkan modal dalam proyek tertentu yang dapat dilakukan oleh penanam modal (investor). Tujuan dari investasi adalah untuk memperoleh berbagai macam manfaat yang cukup dikemudian hari (Sutoyo, 1995).

Untuk menganalisa suatu investasi dapat dilakukan dengan metode:

a. Net Present Value (NPV)

Didasarkan pada konsep mendiskon seluruh aliran kas ke nilai sekarang. Dengan mendiskon semua aliran kas masuk dan keluar selama umur proyek ke nilai sekarang, kemudian menghitung angka netto maka akan diketahui selisihnya (Soeharto, 1997). NPV atau disebut sebagai Nilai Kekayaan Bersih Sekarang, metode ini menghitung selisih antara nilai sekarang (PV) dengan nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional dan internal cash flow) di masa yang akan datang, untuk menghitung nilai sekarang tersebut perlu ditentukan

terlebih dahulu tingkat bunga yang dianggap relevan. Apabila nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih yang akan datang lebih besar daripada nilai sekarang investasi, maka proyek dikatakan menguntungkan, sedang bila lebih kecil berarti proyek dinilai tidak menguntungkan untuk diteruskan.

Rumus NPV adalah:

$$NPV = -I + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

dimana :

NPV = Nilai sekarang dari investasi (Net Present Value)

I = Modal (Investment) awal

CF = Cash Flow tiap tahunnya

r = tingkat bunga (interest rate) %

n = tahun ke n

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(C)_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{(Co)_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

NPV = Nilai sekarang netto/]

(C) t = Aliran kas masuk tahun ke t

(Co) t = Aliran keluar kas tahun ke t

n = Umur ekonomis proyek

I = Suku bunga yang digunakan mencari NPV

t = Waktu

Indikasi kelayakan yang digunakan dengan rumus NPV:

- NPV > 0, maka proyek layak dibangun
- NPV = 0 maka proyek pengembalian sama dengan investasi
- NPV < 0 maka proyek tidak layak dibangun

b. *Benefit Cost Rasio (BCR)*

Penggunaan Benefit Cost Rasio (BCR) sering digunakan dalam mengevaluasi proyek untuk kepentingan umum yang penekanannya ditujukan pada manfaat (Soegarto, 1997). Cara menghitung BCR:

$$BCR = \frac{(PV) B}{(PC) C} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

- BCR = Perbandingan manfaat terhadap biaya
- (PV) B = Nilai sekarang manfaat
- (PV) C = Nilai sekarang biaya

Ukuran kelayakan dari BCR adalah:

- BCR > 1, maka proyek layak dikerjakan
- BCR < 1, maka proyek tidak layak dikerjakan

c. *Payback Periode (PP)*

Adalah jangka waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi, dihitung dari aliran kas bersih (Soeharto, 1997). Cara menghitung PP:

$$PP = (n-1) + (Cf - \sum_{n=1}^{n-1} \frac{1}{An}) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

- PP = Jangka waktu pengembalian
- Cf = Biaya pertama
- An = Aliran kas bersih (netto) pada tahun ke n
- n = Tahun pengembalian

d. *Internal Rate Of Return (IRR)*

Adalah arus pengembalian yang menghasilkan NPV aliran kas masuk NPV aliran kas keluar. Cara menghitung IRR:

$$IRR = r1 + (r2 - r1) \times \frac{NPV1}{NPV1 - NPV2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

- IRR = Internal Rate of Return

r1 = Internal rate untuk penetapan ke 1

r2 = Internal rate untuk penetapan ke 2

NPV1 = Net present value dari IR1

NPV2 = Net present value dari IR2

Ukuran kelayakan yang digunakan dari IRR adalah:

- $IRR >$ arus pengembalian yang diinginkan, maka proyek diterima.
- $IRR <$ arus pengembalian yang diinginkan, maka proyek ditolak.

2.3 Aspek Kelembagaan

Dalam menganalisa aspek kelembagaan perlu dilakukan pengenalan terhadap kekuatan yang dimiliki oleh organisasi. Sehingga dapat membantu organisasi atau kelembagaan untuk menaruh perhatian dan melihat peluang-peluang baru. Di sisi lain terdapat kekuatan diluar kelembagaan atau organisasi yang mempengaruhi operasi kinerja organisasi.

Selain melihat potensi yang dimiliki oleh organisasi tersebut, perlu adanya komitmen yang kuat antara manajemen dan staf. Hal ini diperlukan karena dengan adanya komitmen, tentu saja program-program yang akan dirancang dapat dilaksanakan dengan baik dan dapat mencapai target. Dalam hal ini target yang dimaksud adalah penurunan kehilangan air. Oleh karena itu perlu dibentuk suatu tim khusus dibawah manajer kehilangan air yang berwenang dan memiliki cukup akses kepada sumber daya perusahaan (BPPSPAM, 2008).

Tim khusus yang terbentuk perlu dilakukan evaluasi apakah sudah sesuai dengan tupoksi dan sesuai dengan target waktu pelaksanaan pekerjaan. Salah satu cara untuk mengevaluasi kelembagaan tersebut adalah dengan cara menganalisis beban kerja. Analisis beban kerja sangat berkaitan dengan penyusunan kebutuhan pegawai. Penyusunan kebutuhan pegawai tersebut terdiri dari tugas pokok dan fungsi, analisis dan informasi jabatan seperti nama dan ikhtisar jabatan, uraian tugas, kemudian analisis beban kerja, dan kebutuhan pegawai.

Analisis beban kerja adalah teknik yang digunakan untuk menentukan berapa banyak jumlah dan juga jenis pekerjaan pada unit organisasi. Analisis ini dilakukan secara sistematis dengan menggunakan teknik analisis jabatan seperti

memperhatikan atau teknik manajemen. Metode dari analisis beban kerja dibagi menjadi tiga bagian yaitu metode daftar pertanyaan, wawancara, dan pengamatan langsung. Metode daftar pertanyaan adalah metode yang digunakan dengan cara menyusun daftar pertanyaan terbuka yang berisikan uraian tugas yang berasal dari setiap pegawai/pemegang jabatan yang dilihat sesuai dengan hasil analisis jabatan. Uraian dari tugas-tugas ini masih bisa disesuaikan dengan tugas-tugas lain yang berdatangan. Metode yang kedua adalah metode wawancara. Metode ini adalah metode yang digunakan untuk mewawancarai setiap pegawai atau pemegang jabatan yang memiliki tugas pokok dan fungsi tertentu yang dikerjakan oleh setiap individu. Metode yang terakhir adalah metode pengamatan langsung yaitu metode untuk mengamati secara langsung apa pekerjaan yang dipegang oleh seorang pemegang jabatan.

Hasil dari analisa kelembagaan dapat dipakai sebagai dasar penyusunan program, yaitu berkaitan dengan aspek teknis dan aspek kelembagaan yang mendukung peningkatan kinerja PDAM Kota Malang dalam jangka pendek, menengah, maupun panjang. Selain itu dapat pula digunakan sebagai alat dalam membuat konsep Pengembangan Jaringan PDAM Kota Malang.

2.4 Gambaran Umum Wilayah Studi

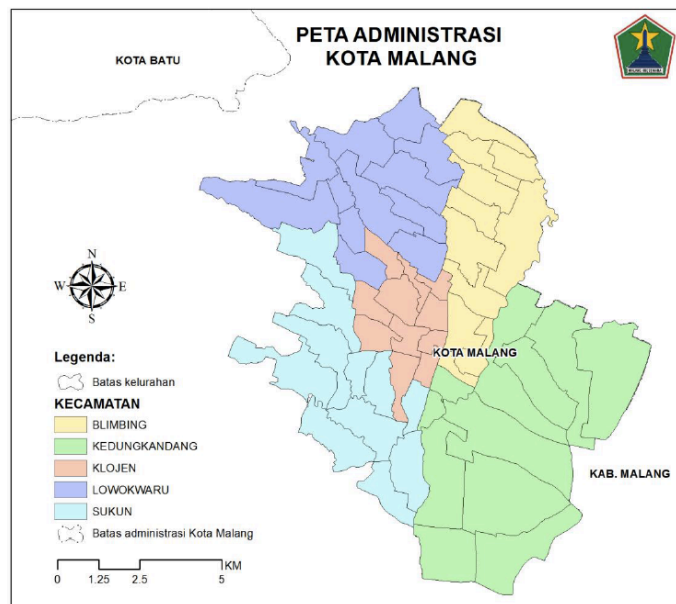
2.4.1 Kondisi Geografis

Secara astronomis Kota Malang terletak pada posisi $7^{\circ}54'2''$ - $8^{\circ}3'5''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}34'9''$ - $112^{\circ}41'34''$ Bujur Timur. Luas wilayah Kota Malang mencapai 11.006 Ha. Wilayah administrasi Kota Malang terbagi atas 6 BWP meliputi BWP Malang Tengah, BWP Malang Utara, BWP Malang Timur Laut, BWP Malang Laut, BWP Malang Tenggara dan BWP Malang Barat. Dari 6 BWP yang ada, terbagi atas 57 kelurahan, 532 RW dan 3.969 RT. Batas-batas wilayah Kota Malang adalah sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Kecamatan Karangploso dan Kecamatan Singosari (Kabupaten Malang).
- Sebelah Selatan : Kecamatan Pakisaji dan Kecamatan Tajinan (Kabupaten Malang).

- Sebelah Timur : Kecamatan Pakis dan Kecamatan Tumpang (Kabupaten Malang).
- Sebelah Barat : Kecamatan Dau dan Kecamatan Wagir (Kabupaten Malang).

Secara geografis Kota Malang dikelilingi oleh beberapa gunung dan pegunungan meliputi Gunung Anjasmoro dan Gunung Welirang di sebelah barat laut, Gunung Semeru dan Gunung Bromo di sebelah timur, Gunung Kawi dan Gunung Kelud di sebelah barat daya serta Gunung Arjuno dan Gunung Panderman di sebelah barat.



Gambar 2.9 Peta Administrasi Kota Malang

2.4.2 Kondisi Hidrologis

Kota Malang dilalui oleh 5 sungai yang relatif cukup besar meliputi Sungai Brantas dengan anak sungainya yaitu Kali Metro, Kali Sukun, Kali Bango dan Kali Amprong. Sungai-sungai tersebut berfungsi sebagai drainase utama.

- Sungai Brantas
Hulu (mata air) berasal dari lereng Gunung Anjasmoro (wilayah Kota Batu). dasar sungai berbentuk U terdiri dari batu granit dan arus air agak lemah pada musim kemarau dan deras pada musim penghujan.
- Anak Sungai Brantas

- a. Sungai Amprong
Mata air berasal dari Gunung Batu. Dasar kali berbetuk U dan berbatu. Arus air lemah pada musim kemarau dan deras pada musim penghujan.
 - b. Sungai Bango
Mata air berasal dari Gunung Tunggangan dengan dasar sungai berbentuk U dan berbatu. Di sebelah utara sungai terdapat DAM Kalisari yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baku dan irigasi.
 - c. Sungai Metro
Merupakan sungai yang membelah sebelah barat Kota Malang yang sebagian besar melewati BWP Malang Barat.
- Sungai Mewek
Merupakan sungai yang berada di sebelah utara Kota Malang dan merupakan salah satu sungai yang penting bagi Kota Malang dalam hal persediaan air baku dan irigasi.

2.4.3 Kondisi Topografis

Wilayah Kota Malang merupakan dataran tinggi dengan ketinggian antara 339 – 662,5 m di atas permukaan laut, dimana daerah terendah terletak di Kelurahan Tlogowaru dan daerah tertinggi terdapat di Kelurahan Merjosari. Daerah terluas berada pada ketinggian 400 – 600 m di atas permukaan laut sebesar 97,8% sedangkan prosentase luasan terkecil berada pada ketinggian kurang dari 400 m di atas permukaan laut sebesar 1% dan sisanya sebesar 1,2% berada pada ketinggian di atas 600 m di atas permukaan laut.

Sebagian besar Kota Malang wilayahnya merupakan dataran rendah dengan prosentase sebesar 96,3% memiliki kemiringan antara 0-15%. Wilayah terluas terdapat di BWP Malang Timur dan BWP Malang Tenggara sebesar 56% dari seluruh luas Kota Malang, BWP Malang Timur Laur sebesar 22,24%, BWP Malang Tengah sebesar 21,71% dan sisanya sebesar 3,7% merupakan kawasan berlereng dengan kemiringan lebih dari 15%.

2.4.4 Kondisi Klimatologi

Kondisi iklim di Kota Malang rata-rata suhu udara berkisar 22,9 °C - 24,1 °C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 31,8 °C dan minimum 19 °C. Rata-rata kelembapan udara berkisar 79% - 85% dengan kelembapan maksimum 99% dan minimum mencapai 37%. Iklim di Kota Malang meliputi musim penghujan dan musim kemarau. Curah hujan relatif tinggi pada bulan Februari, Maret dan April. Sedangkan pada Bulan Juni dan September curah hujan relatif rendah. Kecepatan angin maksimum terjadi pada bulan Agustus, September dan Juni.

2.4.5 Kondisi Demografi/Kependudukan

Jumlah penduduk tahun 2013 serta kepadatan penduduk dari masing-masing BWP dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Tengah

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Kasin	15,957	98	163
Sukoharjo	11,949	55	217
Kiduldalem	6,163	49	126
Kauman	13,900	82	170
Bareng	18,706	107	175
Gadingkasri	21,786	91	239
Oro-Oro Dowo	14,275	138	103
Klojen	5,804	81	72
Rampalcelaket	6,626	51	130
Samaan	10,916	53	206
Jumlah	126,082	805	157

Sumber: BPS Kota Malang, 2015

Tabel 2.4 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Utara

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Merjosari	20,475	336	61
Dinoyo	15,941	117	136
Sumbersari	15,180	128	119
Ketawanggede	8,740	83	105
Jatimulyo	21,687	251	86
Lowokwaru	20,428	123	166
Tulusrejo	18,354	131	140
Mojolangu	26,051	288	90

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Tunjungsekar	20,627	187	110
Tasikmadu	5,895	243	24
Tunggulwulung	7,272	187	39
Tlogomas	14,191	186	76
Penanggungan*	19,246	78	247
Jumlah	214,087	2338	92

Sumber: BPS Kota Malang, 2015

Tabel 2.5 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Timur Laut

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Jodipan	12,919	49	264
Polehan	17,325	101	172
Kesatrian	10,609	145	73
Bunulrejo	26,074	184	142
Purwantoro	28,820	229	126
Pandanwangi	28,983	398	73
Blimbing	10,035	110	91
Purwodadi	19,243	158	122
Polowijen	10,820	135	80
Arjosari	8,071	116	70
Balearjosari	7,587	151	50
Jumlah	180,486	1776	102

Sumber: BPS Kota Malang, 2015

Tabel 2.6 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Timur

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Kedungkandang	9,948	494	20
Sawojajar	29,758	181	164
Madyopuro	16,833	349	48
Lesanpuro	18,251	373	49
Cemorokandang	10,235	280	37
Jumlah	85,025	1677	51

Sumber: BPS Kota Malang, 2015

Tabel 2.7 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Tenggara

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Kebonsari	9,613	157	61
Gadang	20,964	195	108
Ciptomulyo	18,818	83	227

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Sukun	21,037	129	163
Sebagian Bandungrejosari	11,819	116.2	102
Arjowinangun	9,671	287	34
Tlogowaru	4,597	386	12
Wonokoyo	5,447	358	15
Bumiayu	14,912	386	39
Buring	9,280	553	17
Mergosono	17,817	56	318
Kota Lama	28,144	86	327
Jumlah	172,119	2792.2	62

Sumber: BPS Kota Malang, 2015

Tabel 2.8 Jumlah & Kepadatan Penduduk Tahun 2014 BWP Malang Barat

Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas Wilayah (Ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Ha)
Sebagian Bandungrejosari	16,321	275	59
Bakalan Krajan	7,891	178	44
Mulyorejo	14,437	275	52
Bandulan	14,622	224	65
Tanjungrejo	25,703	93	276
Pisangcandi	18,617	184	101
Karang Besuki	18,153	304	60
Jumlah	115,744	1533	76

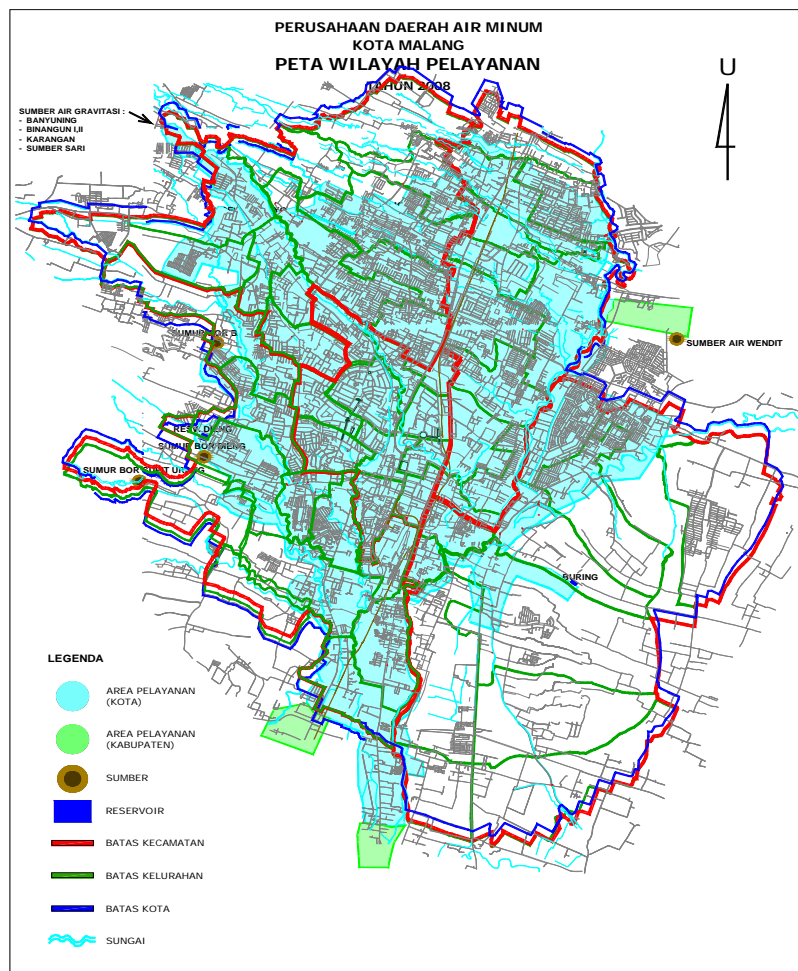
Sumber: BPS Kota Malang, 2015

2.5 Gambaran Umum PDAM Kota Malang

PDAM Kota Malang sudah ada sejak Pemerintahan Kolonial Belanda Tahun 1914, dengan nama *WATER LEIDING VERORDENING KOTA BESAR MALANG*. Saat Indonesia merdeka Tahun 1945 – 1974 berubah nama menjadi Dinas Saluran Air Minum. Dengan terbitnya Peraturan Daerah Nomor 11 Tahun 1974 tanggal 18 Desember 1974, berganti nama menjadi PDAM Kota Malang hingga sekarang.

PDAM Kota Malang memiliki luas wilayah pelayanan kurang lebih 80% dari luas wilayah Kota Malang sebesar 110 Km². Sedangkan cakupan wilayah pelayanan saat ini mencapai 95% dari jumlah penduduk Kota Malang sebanyak

843.858 jiwa. Peta wilayah pelayanan PDAM Kota Malang dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Peta Wilayah Pelayanan PDAM Kota Malang
(Sumber: PDAM Kota Malang, 2008)

Sumber-sumber air PDAM terdiri dari air tanah 4,6%, mata air 18,8% dan air permukaan 76,6%. Berdasarkan lokasi, 68,9% sumber air berada di wilayah administrasi Kabupaten Malang, 19,4% di Kota Batu dan hanya 11,7% berasal dari Kota Malang. Untuk pembagian kapasitas produksi air baku dapat dilihat pada **Tabel 2.9**

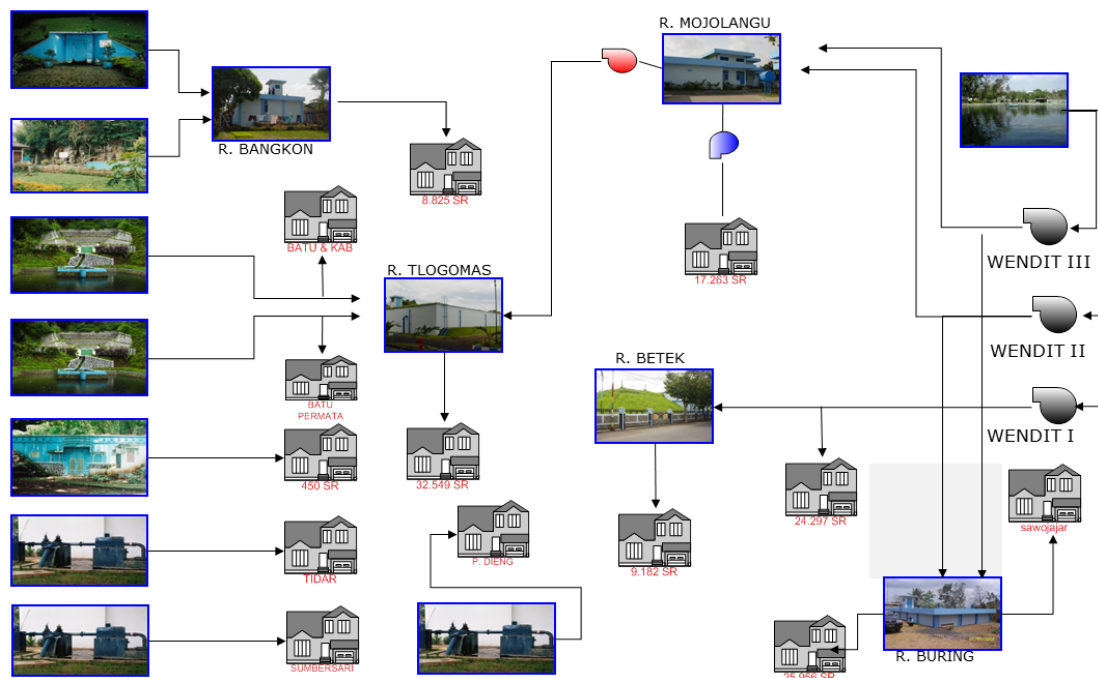
Tabel 2.9 Kapasitas Produksi Air Baku

No.	Air Baku	Produksi (m ³ /th)	Lokasi	Kapasitas (L/detik)
1	Binangun Pipa Lama	2.759.187	Kota Malang	87,49
2	Binangun Pipa Baru	4.613.139	Kota Batu	146,28

No.	Air Baku	Produksi (m ³ /th)	Lokasi	Kapasitas (L/detik)
3	Karangan	963.676	Kab Malang	30,56
4	Sumbersari	506.132	Kab Malang	16,05
5	Wendit I	10.797.486	Kab Malang	342,39
6	Wendit II	10.021.414	Kab Malang	317,78
7	Wendit III	5.790.596	Kab Malang	183,62
8	Banyuning	2.560.605	Kota Batu	81,20
9	Badut I	301.311	Kota Malang	9,55
10	Badut II	443.060	Kota Malang	14,05
11	Sumbersari I	65.124	Kota Malang	2,07
12	Istana Dieng	371.744	Kota Malang	11,79
13	TPA Supit Urang I	148.338	Kota Malang	4,70
14	Supit Urang II	26.784	Kota Malang	10.00

Sumber : PDAM Kota Malang 2015

PDAM Kota Malang memakai 2 sistem pengaliran air dari sumber air baku (lokasi produksi) ke tandon pelayanan (transmisi) dan distribusi air minum ke pelanggan (distribusi) yaitu sistem gravitasi dan sistem pompa. Diagram skematik transmisi dan distribusi PDAM Kota Malang dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Diagram Skematik Transmisi dan Distribusi

PDAM Kota Malang

(Sumber: PDAM Kota Malang, 2015)

2.5.1 Sistem Zonasi dan DMA PDAM Kota Malang

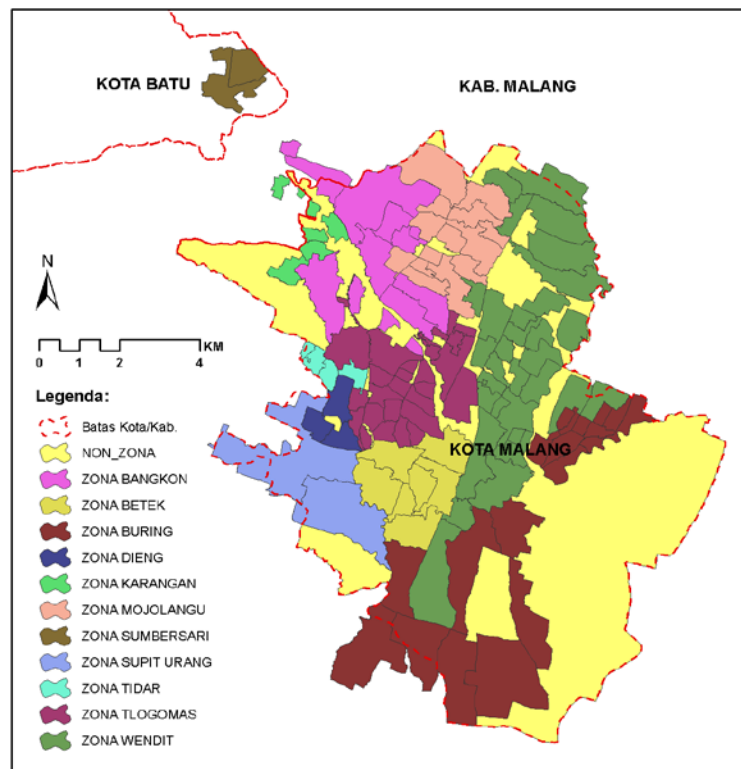
Pembentukan zonasi pelayanan dibutuhkan untuk memudahkan pengendalian kehilangan air dan memudahkan dalam mengontrol dan mengatur jaringan distribusi air bersih. Hingga saat ini, PDAM Kota Malang telah membangun 13 zona dan 205 DMA. Berikut **Tabel 2.10** yang berisi daftar zona dan jumlah DMA di PDAM Kota Malang.

Tabel 2.10 Daftar Zona dan Jumlah DMA PDAM Kota Malang

No	Zona	DMA Terbentuk	Nama DMA
1	Zona Bangkon	17	DMA Bangkon
2	Zona Betek	8	DMA Betek
3	Zona Buring	26	DMA Buring
4	Zona Dieng	5	DMA Istana Dieng
5	Zona Karangan	8	DMA Karangan
6	Zona Mojolangu	21	DMA Mojo
7	Zona Sumbersari	2	DMA Sumbersari
8	Zona Supit Urang	7	DMA Supit Urang
9	Zona Tidar	5	DMA Tidar
10	Zona Tlogomas	31	DMA Tlogomas
11	Zona Wendit	63	DMA Wendit
12	Zona Dawuhan	10	DMA Dawuhan
13	Zona Binangun Lama	2	DMA BL
Grand Total		205	

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Daerah yang sudah terbagi menjadi zona diperkecil lagi pembagiannya wilayahnya menjadi *Distric Meter Area* (DMA). Pembagian wilayah menjadi DMA akan mempermudah dalam mengontrol dan memonitoring system penyediaan air minum. Dari seluruh wilayah pelayanan PDAM Kota Malang belum seluruhnya terbentuk DMA. Ada beberapa daerah yang belum terbagi dalam sebuah DMA. Daerah yang belum terbentuk DMA diberi nama Non DMA. Pembagian Zona PDAM Kota Malang dapat dilihat pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Zona Pelayanan PDAM kota Malang

(Sumber: PDAM Kota Malang, 2016)

2.5.2 Kelembagaan dan Sumber Daya Manusia

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 10 Tahun 2013 tentang organ dan kepegawaian perusahaan daerah air minum Kota Malang, maka struktur kelembagaan PDAM Kota Malang terdiri dari:

- Dewan Pengawas

Dewan Pengawas berasal dari unsur pejabat Pemerintah Kota, profesional dan masyarakat konsumen yang diangkat oleh Walikota. Dewan Pengawas diangkat oleh Walikota Malang dengan Surat Keputusan Walikota Malang. Masa jabatan Dewan Pengawas adalah tiga tahun dan dapat diperpanjang satu periode berikutnya.

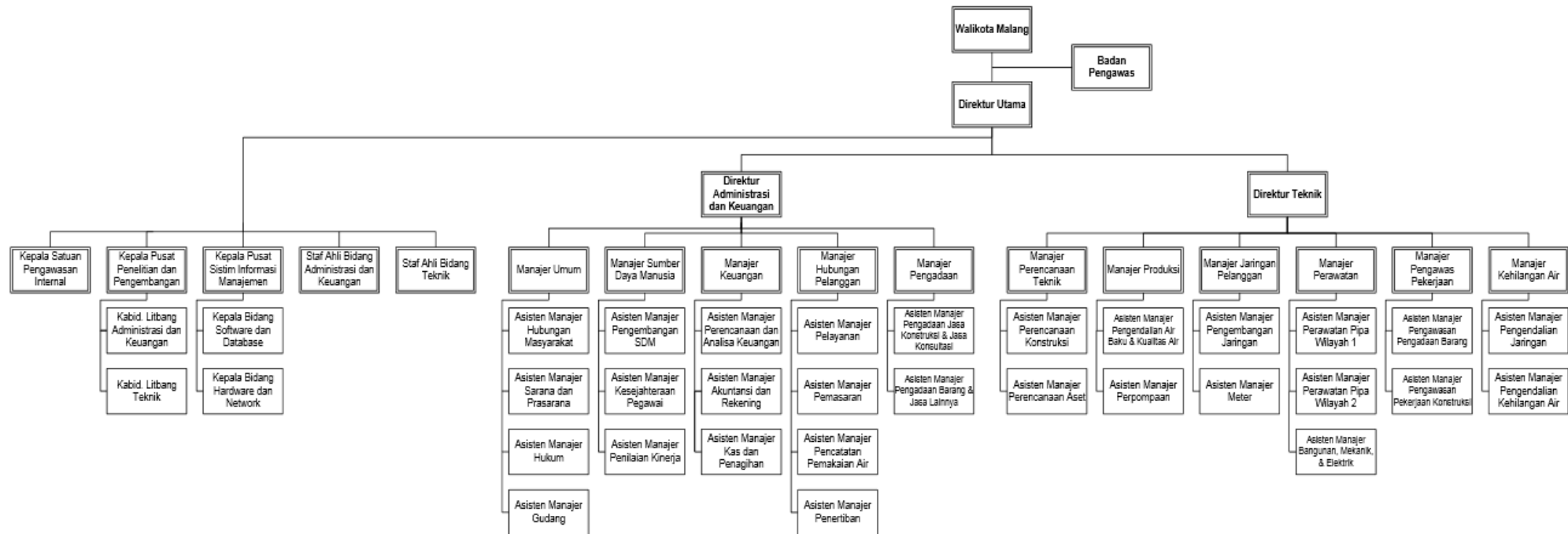
- Direksi

Direksi diangkat oleh Walikota Malang dengan Surat Keputusan Walikota Malang. Direksi mempunyai tugas diantaranya adalah:

- a) menyusun perencanaan, melakukan koordinasi dan pengawasan seluruh kegiatan operasional PDAM.

- b) Membina pegawai.
- c) Mengurus dan mengelola kekayaan PDAM.
- d) Menyelenggarakan administrasi umum dan keuangan.
- e) Menyusun Rencana Strategis Bisnis 5 (lima) tahunan (*Bussiness/corporate plan*), rencana bisnis, dan anggaran tahunan atau Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP).
- f) Menyampaikan Rencana Strategi Bisnis dan RKAP kepada Walikota melalui Dewan Pengawas.
- g) Menyusun dan menyampaikan laporan seluruh kegiatan PDAM.
- **Manajer**
 Para manajer diangkat oleh Direktur Utama PDAM Kota Malang. Para manajer mengepalai beberapa bagian. Pada susunan organisasi PDAM Kota Malang terdapat beberapa manajer yang dikepalai oleh Direktur, diantaranya adalah manajer umum, manajer sumber daya manusia, manajer keuangan, manajer hubungan pelanggan, dan lain-lain.

Jumlah pegawai PDAM Kota Malang sampai dengan bulan Oktober 2015 adalah sebanyak 383 pegawai. Dimana jumlah pegawai dengan pendidikan terakhir S2 adalah 12 orang, S1 sebanyak 216 orang, D3 sebanyak 4 orang, D1 sebanyak 3 orang, SLTA sebanyak 132 orang, dan SLTP sebanyak 16 orang. Saat ini PDAM Kota Malang sudah memiliki tim khusus untuk menangani kehilangan air dibawah pimpinan Manager Kehilangan Air. Berikut adalah **Gambar 2.13** mengenai struktur organisasi PDAM Kota Malang.



Gambar 2.13 Struktur Organisasi PDAM Kota Malang

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini dipakai 2 (dua) metode yaitu metode survey dan metode deskriptif dengan pendekatan penelitian menggunakan studi kasus. Metode survey dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan untuk mengetahui berapa besar kehilangan air yang ada di PDAM Kota Malang. Sedangkan metode kasus adalah menggambarkan kondisi sistem jaringan distribusi air minum pada wilayah Kota Malang. Gambaran yang diberikan menyangkut kapasitas distribusi, kondisi jaringan pipa distribusi serta beberapa aspek yang berkaitan dengan sistem distribusi yaitu aspek teknis, aspek pembiayaan dan aspek kelembagaan.

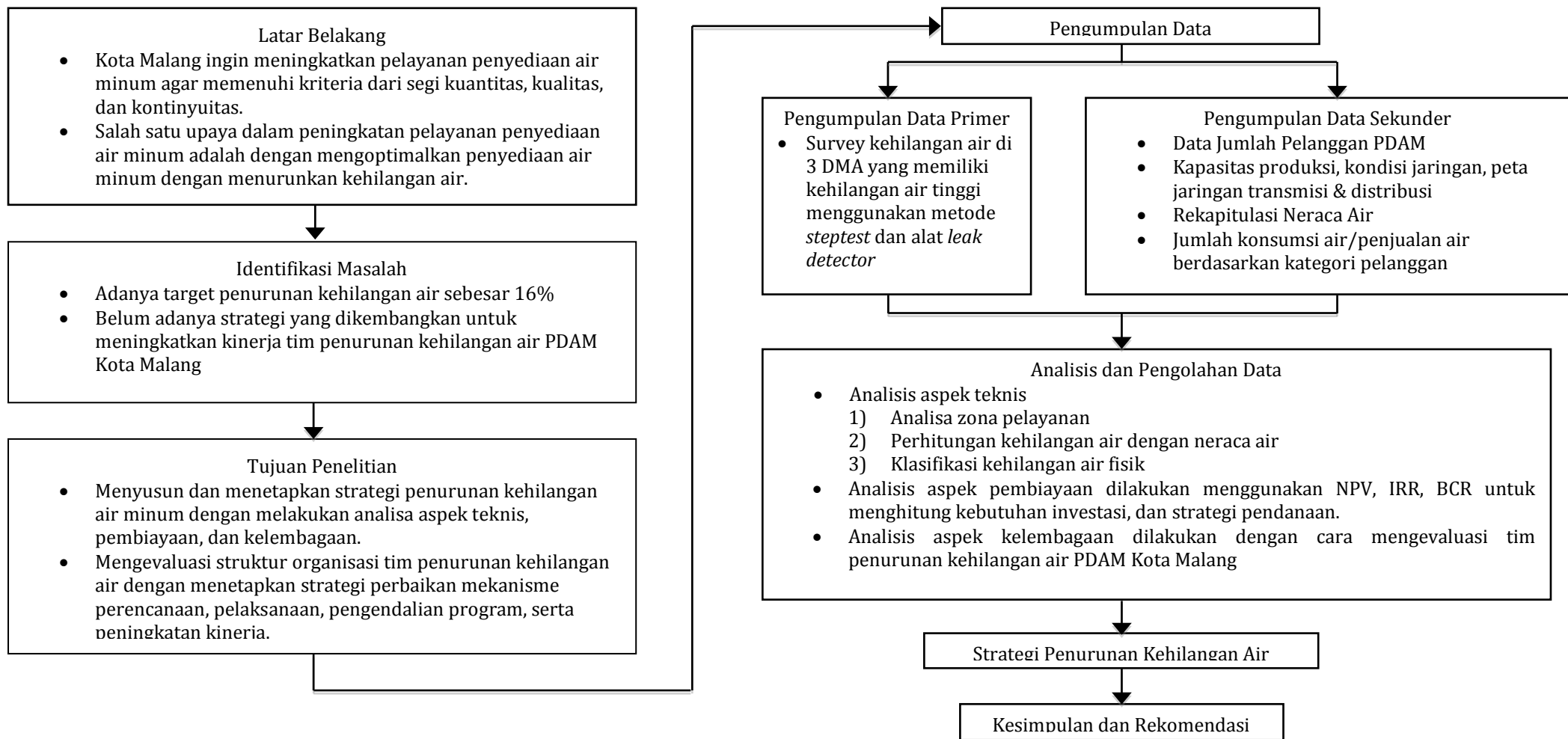
3.2 Tahapan Penelitian

Secara garis besar tahapan proses penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Merumuskan latar belakang
2. Mengidentifikasi masalah
3. Mengidentifikasi tujuan penelitian
4. Mengumpulkan data primer dan sekunder
 - Data primer diperoleh dari hasil kunjungan lapangan dengan melakukan survey kehilangan air, pengecekan kondisi pipa, dan lain- lain.
 - Data sekunder berupa data yang diperoleh dari instansi terkait antara lain data kapasitas produksi air baku dan kapasitas produksi eksisting PDAM Kota Malang, cakupan pelayanan, rekapitulasi neraca air, sistem dan peta jaringan distribusi, peta DMA, data operasional bulanan seperti jumlah pemakaian dan penjualan air, jumlah sambungan, struktur tarif dan data sumber air baku, dan lain-lain.
5. Menganalisa data yang di peroleh.

3.3 Kerangka Penelitian

Dalam menyelesaikan penelitian ini diperlukan langkah-langkah yang sistematis agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Langkah-langkah tersebut dapat dituangkan dalam diagram alir pada **Gambar 3.1**.



3.3.1 Merumuskan Latar Belakang

Latar belakang dalam penelitian ini adalah adanya keinginan dari pemerintah Kota Malang untuk meningkatkan pelayanan penyediaan air minum sehingga memenuhi kriteria dari segi kualitas, kuantitas, dan segi kontinuitasnya. Salah satu upaya untuk meningkatkan pelayanan penyediaan air minum adalah dengan mengoptimalkan sistem penyediaan air minum dengan menurunkan kehilangan air baik kehilangan air fisik maupun kehilangan air non fisik. Oleh karena itu Pemerintah Kota Malang memiliki target dalam kurun waktu 5 tahun mendatang untuk dapat menurunkan prosentase kehilangan air sebesar 16%.

3.3.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dimaksudkan untuk mempertajam permasalahan yang akan dibahas. Oleh karena itu diperlukan batasan maupun ruang lingkup permasalahan. Identifikasi masalah dicantumkan latar belakang permasalahan, tujuan dan manfaat yang akan didapatkan dari penelitian sampai dengan penulisan yang dilakukan.

3.3.3 Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan cara perolehan datanya, pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari pengumpulan langsung dengan cara survey di lapangan. Data sekunder didapatkan dengan cara bekerja sama dengan pihak PDAM Kota Malang.

Berikut adalah beberapa cara pengumpulan data:

1. Data Primer

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survey langsung di lapangan. Survey lapangan untuk mencari kehilangan air menggunakan metode *steptest*, sedangkan alatnya menggunakan *ground microphone*. Metode *steptest* digunakan untuk mencari kebocoran air pada pipa transmisi maupun pipa distribusi.

- Metode *Steptest*

Sebelum melakukan metode ini harus dipastikan bahwa setiap DMA yang akan dilakukan *steptest* sudah terisolasi sempurna atau tidak terhubung dengan DMA yang lain. Sehingga dalam satu DMA hanya terdapat satu inlet saja. Untuk melakukan *steptest* diperlukan valve skenario *steptest*, blanko *steptest*, dan skematik *steptest*. Valve skenario *steptest* ini berfungsi untuk melokalisir area kebocoran di dalam ruas DMA pada saat *steptest* berlangsung. Contoh blanko *steptest* dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Pada setiap DMA telah terpasang *flow meter portable (ultrasonic flow meter)* di pipa inlet DMA yang akan dilakukan *steptest* untuk merekam aliran air, kemudian *valve* di setiap ruas di dalam DMA ditutup secara sistematis dan berurutan. Debit yang masuk dalam DMA bisa diketahui dengan menggunakan alat *water mind analyzer*, sehingga dapat memudahkan kegiatan *steptest*. Dengan metode ini akan diketahui ruas yang memiliki indikasi kehilangan air tertinggi.

Tabel 3.1 Contoh Blanko *Steptest* pada DMA

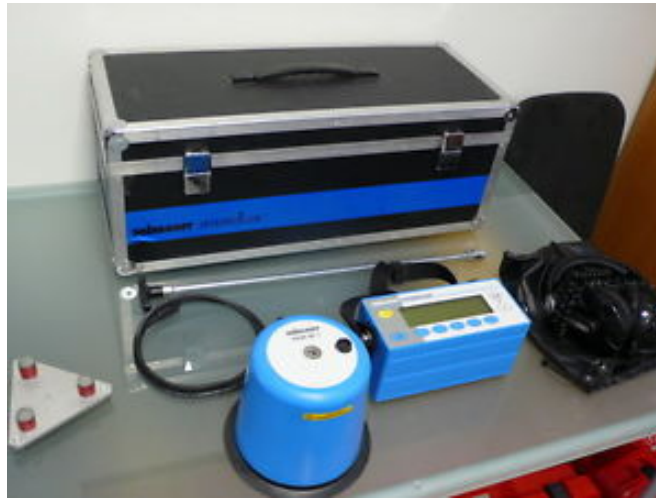
STEP	STATUS VALVE				BOCORAN PIPA YANG DIPANTAU	WAKTU JAM	DEBIT (L/dtk)	KEHILANGAN AIR (L/dtk)	dSR	dQ/dSR	KELAS BOCOR
	V1	V2	V3	V4							
Mulai	o	o	o	o		-	-				
Step 1	c	o	o	o	1	-	-	-	-	-	-
Step 2	c	c	o	o	2	-	-	-	-	-	-
Step 3	c	c	c	o	3	-	-	-	-	-	-
Step 4 (inlet)	c	c	c	c	4	-	-	-	-	-	-
SELESAI	o	o	o	o					-		

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Dalam blanko *steptest* symbol O adalah Open dan C adalah Close, sedangkan dSR adalah jumlah sambungan rumah pada step tersebut. Cara menghitung kehilangan air pada blanko tersebut adalah debit (step 1) dikurangi dengan debit (step mulai). Pada kolom dQ/dSR

digunakan untuk mengetahui kelas bocor dengan klasifikasi rendah/sedang/tinggi. Kelas rendah adalah dQ/dSR yang berkisar antara 0,001-0,0049. Kelas sedang adalah 0,005-0,019, sedangkan lebih dari 0,02 adalah kelas tinggi (PDAM Kota Malang, 2016). Metode steptest dapat dilakukan kurang lebih 6 orang. 3 orang pertama berada di inlet, sedangkan 3 orang lainnya bertugas untuk membuka dan menutup valve scenario steptest. Tugas dari 6 orang tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Orang ke-1 : Melihat debit yang masuk ke dalam inlet di water mind analyzer.
 - b. Orang ke-2 : Mengisi blanko steptest yang ada di laptop.
 - c. Orang ke-3 : Menghubungi dan menerima telepon dari orang 4 yang bertugas membuka dan menutup valve scenario steptest.
 - d. Orang ke-4 : Menghubungi dan menerima telepon dari orang 3 yang bertugas membuka dan menutup valve scenario steptest.
 - e. Orang ke-5 : Membuka dan menutup scenario steptest.
 - f. Orang ke-6 : Membuka dan menutup scenario steptest.
- Penelusuran dengan menggunakan alat *ground microphone*
Alat ground microphone adalah alat yang dapat digunakan untuk menentukan titik bocor. Alat ini dapat digunakan untuk satu orang. Cara kerjanya adalah dengan berjalan menyusuri ruas pipa yang teridentifikasi mengalami kebocoran. Ketika mikrofon mendekati titik kebocoran maka ada peningkatan suara yang dihasilkan oleh alat tersebut. Alat Ground microphone dapat dilihat pada **Gambar 3.2**



Gambar 3.2 Alat *Ground microphone*

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi lain baik berupa penelitian yang telah dilakukan maupun data yang telah dikumpulkan oleh instansi terkait. Data sekunder diperoleh dari PDAM Kota Malang. Adapun kebutuhan data sekunder dalam penelitian ini dapat dilihat pada rincian berikut:

- a) Gambar nyata laksana (*as built drawing*) jaringan perpipaan untuk DMA. Gambar ini digunakan untuk mengetahui letak jaringan pipa eksisting, sehingga bisa digunakan untuk menganalisa letak pipa yang mengalami kebocoran.
- b) Volume input air ke dalam sistem
Volume input air ke dalam sistem yang dimaksud adalah jumlah air yang masuk ke dalam sistem distribusi PDAM Kota Malang. Volume input air diperoleh dari data pembacaan meter air induk (*stand meter*) selama satu tahun.
- c) Gambaran umum wilayah
Gambaran umum wilayah bertujuan untuk mengetahui kondisi wilayah pelayanan PDAM Kota Malang secara umum. Dalam hal ini berkaitan dengan pemakaian air. Data yang menunjang diantaranya

adalah kebutuhan air per orang per hari, jumlah penduduk, peta wilayah, dan lain-lain.

d) Cakupan wilayah distribusi

Data mengenai cakupan wilayah distribusi yang diperlukan adalah jumlah sambungan rumah, peta pelayanan, tariff air yang dikenakan, lokasi meter air induk, pembacaan meter air induk, jumlah penduduk terlayani, jenis dan usia meter yang digunakan, jumlah meter air pelanggan, dan kondisi meter air.

e) Jumlah pelanggan 5 tahun terakhir

Dalam hal ini data jumlah pelanggan tahun yang dihitung digunakan untuk mengetahui pendapatan yang dapat diterima PDAM Kota Malang apabila terlayani tanpa kebocoran.

f) Jumlah konsumsi air/penjualan air berdasarkan kategori pelanggan

Jumlah konsumsi air/penjualan air digunakan untuk dibandingkan dengan neraca air sehingga dapat menentukan kehilangan air yang terjadi.

g) Jumlah sambungan

Data ini diperlukan untuk dibandingkan dengan neraca air sehingga dapat diketahui kehilangan air yang terjadi.

h) Tarif Pemakaian Air

Tarif pemakaian air digunakan untuk menghitung tambahan pendapatan yang didapatkan jika dilakukan penurunan kehilangan air komersial. Besarnya tambahan pendapatan dihitung dengan cara mengalikan besarnya kehilangan air fisik (m^3 /tahun) dengan tarif rata-rata air (Rp/m^3).

i) Rekapitulasi neraca air DMA

Rekapitulasi neraca air DMA adalah hasil rekap mengenai kehilangan air pada setiap DMA, sehingga dapat diketahui penurunan atau kenaikan kehilangan air pada setiap bulannya.

j) Data keuangan PDAM Kota Malang

Data keuangan yang dimaksud adalah laporan keuangan neraca laba/rugi serta aliran kas PDAM Kota Malang. Data keuangan

digunakan untuk mengevaluasi keuangan dan menghitung biaya investasi yang diperlukan PDAM untuk jangka waktu pengembangan.

k) Data kelembagaan PDAM Kota Malang

Data kelembagaan yang dibutuhkan adalah jumlah pegawai PDAM Kota Malang, struktur organisasi, dan tupoksi tim penurunan kehilangan air. Data ini diperlukan untuk menganalisa kinerja tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang.

l) Data Dokumentasi

Data dokumentasi adalah data lainnya yang diperoleh langsung dari tempat penelitian, baik internal maupun eksternal PDAM Kota Malang, meliputi laporan kegiatan, foto-foto, dan media lainnya.

m) Data Kualitas Air

Data kualitas air yang dibutuhkan adalah pH, total zat padat terlarut (TDS), temperatur/suhu, kesadahan, dan total alkalinitas. Data-data tersebut digunakan untuk mengevaluasi apakah kualitas air yang didistribusikan oleh PDAM Kota Malang bersifat korosif atau bersifat menghasilkan kerak. Evaluasi kualitas air tersebut menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices.

n) Data wawancara terkait penurunan kehilangan air dengan materi antara lain struktur organisasi tim penurunan kehilangan air, tupoksi masing-masing bagian tim penurunan kehilangan air, jumlah SDM yang ada, dan target waktu pelaksanaan pekerjaan. Data tersebut merupakan hasil wawancara dari responden terpilih yang merupakan stakeholder utama yaitu PDAM Kota Malang. Personal responden yang dilakukan wawancara antara lain adalah Manajer kehilangan air, Supervisor *water balance*, Supervisor *active leakage control*, Supervisor *pressure management*, Supervisor *commercial losses*, Supervisor DMA & model hidrolika, dan Supervisor *complaint and response*. Data wawancara tersebut digunakan bahan pelengkap untuk menganalisis aspek kelembagaan terkait dengan analisis beban kerja.

3.4 Pengolahan dan Analisa Data

3.4.1 Evaluasi Aspek Teknis

Dalam tahap ini dapat dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- **Evaluasi Zona Pelayanan**
Evaluasi zona pelayanan didasarkan pada analisa kondisi eksisting zona yang telah terbentuk di Kota Malang. Zona yang sudah terbentuk di PDAM Kota Malang adalah 13 Zona, diantaranya adalah Zona Bangkon, Zoba Betek, Zona Buring, Zona Dieng, Zona Karangan, Zona Mojolangu, Zona Sumbersari, Zona Supit Urang, Zona Tidar, Zona Tlogomas, Zona Wendit, Zona Dawuhan, Zona Binangun Lama. Kemudian dari 13 Zona tersebut dipilih satu zona yang memiliki tingkat kehilangan airnya yang paling tinggi. Data kehilangan air setiap Zona dapat diperoleh dari hasil rekapitulasi neraca air PDAM Kota Malang.
- **Evaluasi *District Meter Area***
- Dalam tahap ini dilakukan pemilihan 3 DMA dari zona yang terpilih berdasarkan urutan tingkat kehilangan air yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan dalam melakukan tindakan penurunan kehilangan air perlu dilakukan skala prioritas dalam penanganannya. Sehingga dapat efektif dalam pencarian kebocoran, melakukan manajemen tekanan, serta mempermudah melakukan 3K (kuantitas, kontinuitas, dan kualitas) aliran ke pelanggan. Standart awal di PDAM Kota Malang apabila $NRW > 30\%$ maka di DMA tersebut harus dijadikan prioritas untuk dilakukan pencarian kebocoran secara aktif.
- **Perhitungan kehilangan air fisik menggunakan *steptest***
Kehilangan air fisik (L/dtk) DMA adalah jumlah seluruh kehilangan air fisik di setiap step dalam *steptest* di DMA terpilih. Perhitungan kehilangan air didapat dari hasil pengisian blanko *steptest*.
- **Klasifikasi Kehilangan Air**
Klasifikasi kehilangan air sangat diperlukan untuk menentukan sebagian besar penyebab kehilangan air terjadi. Hal yang dilakukan pertama kali adalah mengumpulkan lokasi kebocoran dari 3 DMA yang terpilih sebagai

data primer, ditambah dari lokasi kebocoran akibat kehilangan air dari DMA yang lainnya sebagai data sekunder. Dari data tersebut dituangkan dalam bentuk tabel. Tabel pertama terdapat hasil penemuan kebocoran dengan menggunakan alat *ground microphone* (data primer). Sedangkan tabel kedua berisi data lokasi kebocoran pada DMA lain yang telah ditemukan oleh PDAM Kota Malang (data sekunder). Lokasi DMA pada tabel pertama diisi dengan daftar DMA yang telah ditelusuri lokasi kebocorannya akibat kehilangan air fisik dalam kurun waktu 2 tahun terakhir oleh PDAM Kota Malang. Setelah data tersebut dikumpulkan, dibuatlah data dalam bentuk diagram batang, sehingga dapat dianalisa kebocoran tersebut dengan mengelompokkan berdasarkan klasifikasinya. Setelah dikelompokkan, dapat diketahui sebagian besar penyebab kehilangan air itu terjadi.

- Perhitungan penurunan NRW (*Non Revenue Water*) pada DMA
Perhitungan NRW atau air yang tidak bisa direkeningkan didasarkan atas perhitungan input system dikurangi dengan konsumsi berekening (lihat pada persamaan 2.4). Input system adalah debit produksi air yang diproduksi oleh PDAM Kota Malang, dikurangi dengan konsumsi berekening yang didapat dari data sekunder hasil penelitian. Kemudian akan diketahui NRW debit yang akan dikonversikan menjadi rupiah dengan perkalian harga pemakaian air. Dalam neraca air DMA sudah terdapat NRW pada setiap DMA. Berikut ini adalah cara menentukan penurunan air tak berekening:
 - a) Menentukan WB0 (WB0 adalah neraca air DMA pada bulan sebelum dilakukan *steptest* dan penelusuran menggunakan alat *ground microphone*).
 - b) Menentukan WB1 (WB1 adalah neraca air DMA pada bulan dilakukannya *steptest* dan penelusuran menggunakan alat *ground microphone*).
 - c) Dapat ditentukan penurunan NRW di DMA tersebut dengan menggunakan rumus penurunan air tak berekening $(NRW) = WB1 - WB0$

3.4.2 Aspek Pembiayaan

Dalam tahap ini yang akan dikaji adalah sebagai berikut:

- Kondisi pembiayaan PDAM saat ini.
- Besarnya nilai investasi yang diperlukan untuk kegiatan penurunan tingkat kehilangan air di sistem.
- Kelayakan investasi dihitung dengan menggunakan perhitungan BCR, IRR, dan NPV. Apabila didapatkan hasil $NPV > 0$ dan $BCR > 1$ maka pengadaan instrumen kehilangan air layak secara ekonomi.
- Strategi pendanaan yang diperlukan yang bisa berasal dari dana internal PDAM, masyarakat, pinjaman, hibah Pemerintah Pusat maupun Pemerintah daerah serta melakukan kerjasama dengan Pihak Swasta.
- Menyusun prioritas dan target investasi dalam program penurunan kehilangan air di PDAM Kota Malang.

3.4.3 Aspek Kelembagaan

Aspek Kelembagaan dievaluasi untuk mengkaji bentuk kelembagaan dan Tupoksi tim khusus yang bertanggung jawab terhadap kehilangan air. Evaluasi kelembagaan ini dapat dilakukan dengan cara:

- Struktur kelembagaan PDAM saat ini dibandingkan kebutuhan pelanggan.
- Mengevaluasi kinerja unit khusus penurunan kehilangan air apakah yang dilakukan selama ini sesuai dengan tupoksi yang ditentukan berdasarkan Peraturan Direksi PDAM Kota Malang Nomor 30 Tahun 2013 tentang kedudukan, susunan organisasi, uraian tugas, fungsi dan tata kerja PDAM Kota Malang.
- Membandingkan apakah struktur organisasi tim penurunan kehilangan air di PDAM Kota Malang sudah sesuai dengan dilakukan analisis beban kerja masing-masing SDM.
- Menganalisis beban kerja tim penurunan kehilangan air dengan cara melakukan wawancara pada tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang. Wawancara terkait penurunan kehilangan air dengan materi antara lain struktur organisasi tim penurunan kehilangan air, tupoksi

masing-masing bagian tim penurunan kehilangan air, jumlah SDM yang ada, dan target waktu pelaksanaan pekerjaan.

- Strategi yang dibutuhkan untuk menurunkan tingkat kebocoran pada sistem distribusi melalui peningkatan SDM .

3.5 Strategi dan Rekomendasi

Perumusan strategi penurunan kehilangan air di sistem penyediaan air minum PDAM Kota Malang didapatkan dari hasil evaluasi aspek teknis, aspek pembiayaan dan aspek kelembagaan. Hasil dari evaluasi tersebut akan digunakan PDAM Kota Malang untuk melakukan penurunan kehilangan air agar dapat mencapai target yang ditentukan. Selain itu juga dapat memberikan strategi investasi untuk dapat melakukan penurunan kehilangan air di PDAM Kota Malang.

BAB IV

ANALISIS DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Analisis Aspek Teknis

4.1.1 Evaluasi Zona Pelayanan

Pembentukan zona bertujuan untuk mempersempit pemantauan tingkat kehilangan air dalam suatu sistem penyediaan air minum, sehingga tindakan penanggulangan kehilangan air dapat lebih mudah dilakukan. Selain itu PDAM dapat menyusun skala prioritas berdasarkan tingkat kehilangan air di setiap zona dalam menangani kehilangan air. PDAM Kota Malang memiliki 13 zona yang sudah terbentuk. Terdiri dari zona Bangkon, zona Betek, zona Buring, zona Dieng, zona Karang, zona Mojolangu, zona Sumbersari, zona Supit Urang, zona Tidar, zona Tlogomas, zona Wendit, zona Dawuhan, zona Binangun Lama. Zona-zona yang telah terbentuk tersebut akan dijabarkan oleh **Tabel 4.1** sesuai dengan urutan tingkat kehilangan air yang paling tinggi.

Tabel 4.1 Zona Berdasarkan Urutan Tingkat Kehilangan Air

No.	Nama Zona	Tingkat Kehilangan Air	Service DMA	Luas Area (km ²)
1	Zona Tlogomas	41%	31 DMA	5,51
2	Zona Dieng	40%	5 DMA	2,97
3	Zona Binangun Lama	40%	2 DMA	1,42
4	Zona Betek	39%	8 DMA	4,98
5	Zona Sumbersari	39%	2 DMA	1,28
6	Zona Wendit	35%	63 DMA	18,72
7	Zona Supit Urang	34%	7 DMA	5,08
8	Zona Mojolangu	29%	21 DMA	4,96
9	Zona Tidar	28%	5 DMA	0,94
10	Zona Dawuhan	28%	10 DMA	3,78
11	Zona Buring	26%	26 DMA	16,95

No.	Nama Zona	Tingkat Kehilangan Air	Service DMA	Luas Area (km ²)
12	Zona Bangkon	25%	17 DMA	4,46
13	Zona Karang	18%	8 DMA	1,46

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Berdasarkan hasil urutan kehilangan air setiap zona yang terbentuk di Kota Malang, maka dipilih Zona Tlogomas yang memiliki kehilangan air paling tinggi yaitu sebesar 41%. Zona Tlogomas memiliki tekanan minimal 0,5 Bar untuk layanan tertinggi dan terjauh, dilayani oleh reservoir Tlogomas, terdapat meter induk, serta zona tersebut tidak terkoneksi dengan zona lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa Zona Tlogomas merupakan zona prima.

4.1.2 Evaluasi *District Meter Area*

Pembentukan DMA merupakan salah satu strategi dalam mengurangi penurunan kehilangan air yang bertujuan untuk mempersempit pencarian kehilangan air baik fisik maupun non fisik. Dengan membagi zona pelayanan sistem distribusi menjadi bagian yang lebih kecil dapat mempermudah dalam mengatur dan monitoring area. sehingga dapat diketahui tingkat kehilangan air setiap DMA, besarnya *Minimum Night Flow* (MNF), dan analisis flow setiap jamnya. Pembentukan DMA dapat dilakukan secara permanen atau berupa sementara. Akan tetapi pembentukan DMA sebaiknya dilakukan secara permanen yaitu menggunakan *blind valve* untuk memastikan tidak ada koneksi dengan DMA lain. Zona Tlogomas memiliki 31 *District Meter Area* (DMA) di dalamnya. Dalam tahap ini dilakukan pemilihan 3 DMA dari zona yang terpilih berdasarkan kriteria tingkat kehilangan air yang tinggi, memiliki *Minimum Night Flow* (MNF) tinggi serta DMA tersebut harus memiliki status sempurna atau tidak memiliki koneksi dengan DMA lainnya. Pemilihan DMA dilakukan berdasarkan perhitungan *Water Balance*. Perhitungan *water balance* DMA Tlogomas pada Bulan Mei 2016 akan dijabarkan dalam **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Water Balance DMA Tlogomas Bulan Mei 2016

No.	Lokasi Meter Induk	Service DMA	Dia-meter mm	Q Inlet m ³	Billing m ³	Jumlah Pe-langgan	NRW		MNF l/dt
							m3	%	
1	Jl.Gede Dempo	TL 1C, TL 1D, TL 1F	150	61.560	32.323	1.383	29.237	47	19,88
2	Jl. Raya Langsep (Dieng Plaza)	TL 2.1B, TL 2.1C, TL 2.1A	150	39.116	21.417	1.191	17.699	45	10,27
3	Jl. Mundu	TL 2.1D	150	19.620	8.967	464	10.653	54	5,23
4	Jl. Simpang Raya Langsep	TL 2.1B	100	18.955	12.079	726	6.876	36	6,01
5	Jl. Gede Amster-dam	TL 1E	100	9.388	4.641	114	4.747	51	2,33
6	Jl. Mawar	TL 2.2A	100	10.266	5.788	313	4.478	44	1,47
7	Jl. Sumber waras	TL 2.2H	100	6.745	3.680	246	3.065	45	0,43
8	Jl. Panggung (Ijen)	TL 1H	100	4.723	2.886	152	1.837	39	1,13
9	Jl. Kaliurang Barat	TL 2.2F	100	8.073	4.755	251	3.318	41	3,08
10	Jl. Locari	TL 2.2D	100	3.351	1.653	104	1.698	51	0,83
11	Jl. Gilima-nuk	TL 2.2E	100	6.279	4.793	251	1.486	24	1,63
12	Lembang	TL 2-2G	150	11.235	9.823	603	1.412	13	11,15
13	Jl. Sarang-an	TL 1N	100	4.740	3.582	204	1.158	24	1,06
14	Jl. Mawar 4	TL 2.2C	100	5.688	4.837	284	851	15	0,75
15	Jl. Salatiga	TL 1A-1	100	9.616	8.932	300	684	7	1,55
16	Jl. Kese-mek	TL 2.1C	100	5.118	4.539	257	579	11	1,02
17	Jl. Bungur	TL 2.2D1	200	4.399	4.187	242	212	5	0,61
18	Pasar Tawa-mangu	TL 2.2I	100	3.350	3.228	165	122	4	0,44
19	Jl. Selorejo Blok A	TL 2.2B	100	5.292	5.172	340	120	2	0,56
20	Jl. Jakarta	TL 1P	100	3.887	3.882	87	5	0	0,52
21	Jl. Kelud	TL1L	100	10.442	13.144	792	(2.703)	(26)	2,50

No.	Lokasi Meter Induk	Service DMA	Dia-meter mm	Q Inlet m ³	Billing m ³	Jumlah Pe-langgan	NRW		MNF l/dt
							m3	%	
22	Jl. Galunggung	TL1	100	11.454	17.243	674	(5.789)	(51)	3,87
23	Jl. Ters. Ijen (Bareng Raya)	TL1M	150	9.815	22.227	1.112	(12.412)	(126)	0,00
24	Ijen Apotik	TL 1H, 1L, 1J, 1K	150	9.420	50.195	2.459	(40.775)	(433)	1,67

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Hasil perhitungan neraca air (*water balance*) pada DMA Tlogomas Bulan Mei 2016 menunjukkan berbagai macam tingkat kehilangan air. Hasil perhitungan juga menunjukkan beberapa DMA yang hasil perhitungannya adalah minus, hal itu dikarenakan DMA tersebut masih terkoneksi dengan DMA lain, belum terpasangnya *gate valve resilient*, belum terpasangnya *pressure reducing valve* (PRV), meter induk masih tergabung dengan DMA lain, jalur pipa eksisting tidak sesuai dengan peta jaringan pipa, jaringan pipa belum diupdate ke dalam jaringan *water office*, serta jaringan pipa eksisting berada di bawah infrastruktur bangunan sehingga sukar untuk dilakukan perbaikan. DMA yang masih terkoneksi dengan DMA lain adalah DMA TL 1C, TL 1D, TL 1F, TL 2.1B, TL 2.1C, TL 2.1A, TL 2.1B, TL 2.2A, TL 2.2G, TL 1L, DMA TL1, DMA TL 1M, TL 1L, TL 1J, TL 1K. Rincian permasalahan DMA yang belum terbentuk sempurna dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 DMA Tlogomas yang Belum Terbentuk Sempurna

No.	Service DMA	Rincian Permasalahan
1	DMA TL 1C, TL 1D, TL 1F	Belum memiliki satu input sistem, masih terkoneksi dengan DMA lainnya, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.
2	DMA TL	Belum memiliki satu input sistem, masih terkoneksi

No.	Service DMA	Rincian Permasalahan
	2.1B, TL 2.1C, TL 2.1A	dengan DMA lainnya, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.
3	DMA TL 2.1D	Masih terkoneksi dengan DMA lain, DMA terlalu luas (perlu dilakukan analisa DMA), <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.
4	DMA TL 2.2A	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, belum terpasang <i>pressure reducing valve</i> di inlet, DMA akan digabung dengan DMA TL 2.2C.
5	DMA TL 2.2G	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, belum terpasang <i>gate valve resilient</i> , belum terpasang <i>pressure reducing valve</i> di inlet.
6	DMA TL 1L	Jaringan pipa belum diupdate ke dalam jaringan <i>water office</i> , DMA terlalu luas, seharusnya dibentuk sub DMA
7	DMA TL 1	Jalur pipa eksisting tidak sesuai dengan peta jaringan pipa, DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, belum terpasang <i>gate valve resilient</i> , belum terpasang <i>pressure reducing valve</i> di inlet.
8	DMA TL 1M	Lokasi DMA berada pada kontur yang rendah, sehingga masih terdapat aliran dari DMA yang memiliki kontur lebih tinggi, DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, belum terpasang <i>gate valve resilient</i> .
9	DMA TL 1H	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, <i>water meter</i> masih tergabung dengan DMA lain, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.
10	DMA TL 1L	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, <i>water meter</i> masih tergabung dengan DMA lain, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.

No.	Service DMA	Rincian Permasalahan
11	DMA 1J	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, <i>water meter</i> masih tergabung dengan DMA lain, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.
12	DMA 1K	DMA masih terkoneksi dengan DMA lain, <i>water meter</i> masih tergabung dengan DMA lain, <i>gate valve resilient</i> belum terpasang lengkap.

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Dalam penelitian ini akan dipilih 3 DMA dengan kriteria memiliki tingkat kehilangan air yang tinggi, memiliki *Minimum Night Flow* (MNF) tinggi serta DMA tersebut harus memiliki status sempurna atau tidak memiliki koneksi dengan DMA lainnya. Dari beberapa kriteria yang disebutkan maka DMA yang terpilih adalah DMA TL 1E dengan memiliki kehilangan air sebesar 51%, DMA TL 1H memiliki kehilangan air sebesar 39%, DMA TL 2.2F memiliki tingkat kehilangan air sebesar 41%. DMA Tlogomas yang terpilih akan dilakukan penelusuran kehilangan air menggunakan metode step test dan dilakukan *pressure management*. Profil DMA yang terpilih akan dijabarkan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Profil DMA Tlogomas yang Terpilih

No.	Service DMA	Lokasi Meter Induk	Dia-meter Pipa Inlet	Q Inlet m ³	Q Billing m ³	Jumlah Pelanggan	NRW (%)	Status DMA
1	TL 1E	Jl. Gede (Amsterdam)	100	9.388	4.641	114	51	Sempurna
2	TL 1H	Jl. Panggung	100	4.723	2.886	152	39	Sempurna
3	TL 2.2F	Jl. Kaliurang Barat	100	8.073	4.755	251	41	Sempurna

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

District Meter Area (DMA) yang terbentuk idealnya memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

1. Hanya memiliki satu inlet (satu input sistem).
2. Tidak terkoneksi dengan DMA lain.
3. Memiliki meter induk DMA.
4. Terdapat *Pressure Reducing Valve* (PRV) di inlet.
5. Terdapat *gate valve resilient* di setiap ruas DMA.
6. Memiliki jumlah ideal pelanggan yaitu maksimal 3000 pelanggan.

Dalam mengatasi permasalahan DMA yang masih terhubung dengan DMA lain, PDAM Kota Malang melakukan kegiatan *permanent boundary* DMA atau bisa disebut dengan pemasangan *blind valve*. Pemasangan *blind valve* dilakukan dengan pemilihan lokasi skala prioritas. DMA yang memiliki kehilangan air lebih dari 30% dilakukan tindakan terlebih dahulu. Gambar *permanent boundary* pada lokasi DMA TL 1E dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 *Permanent Boundary* PDAM Kota Malang

PDAM Kota Malang memiliki jadwal berkala dalam melakukan penelusuran dan penggalian terhadap jaringan pipa distribusi, agar jaringan pipa distribusi yang ada di dalam peta jaringan sesuai dengan kondisi eksisting. PDAM Kota Malang juga melakukan pengaturan tekanan di setiap DMA, agar DMA tersebut dapat berkurang

kehilangan airnya. Kegiatan yang dilakukan untuk melakukan pengaturan terhadap tekanan adalah dengan cara pemasangan *Pressure Reducing Valve* (PRV). Tekanan pada setiap DMA diatur minimal 0,5 bar. Gambar pemasangan PRV dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Pemasangan PRV pada DMA TL 1H

4.1.3 Perhitungan *Water Balance* PDAM Kota Malang

Water balance sangat penting dalam program penurunan kehilangan air. Hal itu disebabkan neraca air dapat dijadikan kerangka untuk menilai kondisi kehilangan air, sebagai *benchmarking* dan komunikasi antar PDAM, serta sebagai alat untuk merencanakan strategi penurunan kehilangan air di suatu PDAM. Selain itu neraca air juga dapat menunjukkan besaran masing-masing komponen neraca air, diantaranya adalah sumber dan biaya kehilangan air. Hal pertama yang perlu dilakukan dalam melakukan program penurunan kehilangan air adalah dengan cara menghitung WB0 (neraca air) pada bulan pertama yang akan dilakukan program penurunan kehilangan air. Setelah didapat hasil perhitungan WB0 maka dapat dilakukan tindak lanjut program penurunan kehilangan air menggunakan metode step test, *leak detector*, kemudian dapat dilakukan *pressure management*. Setelah dilakukan tindak lanjut penurunan kehilangan air, dilakukan perhitungan WB1 untuk mengetahui prosentase dari hasil penurunan kehilangan air.

Perhitungan neraca air menggunakan program *WB-EasyCalc version 4.05*. Perangkat lunak ini sangat membantu dalam menyusun neraca air dan dapat menunjukkan tingkat akurasi perhitungan Air Tak Berekening (ATR). Data yang diperlukan dalam menghitung neraca air melalui program *WB-EasyCalc* adalah data volume input sistem, data konsumsi bermeter berekening, data konsumsi tak bermeter berekening, data konsumsi bermeter tak berekening, data konsumsi tak bermeter tak berekening, data konsumsi tak resmi, data ketidakakuratan meter dan penanganan data, data panjang pipa distribusi dan transmisi, data pipa dinas, data tekanan rata-rata, data suplai intermittent, dan data keuangan. Hasil perhitungan neraca air secara makro PDAM Tlogomas untuk Bulan Mei 2016 menggunakan program *WB-EasyCalc version 4.05* dapat dilihat pada **Gambar 4.3**

<div>Kembali</div> Volume Input Sistem Tahunan 3.891.462 m3/bulan Margin Error [+/-] 0,8%	Konsumsi Resmi 3.113.820 m3/bulan Margin Error [+/-] 0,1%	Konsumsi Resmi Berekening 2.705.904 m3/bulan	Konsumsi Bermeter Berekening 2.705.904 m3/bulan	Air Berekening 2.705.904 m3/bulan
		Konsumsi Resmi Tak Berekening 407.916 m3/bulan Margin Error [+/-] 0,8%	Konsumsi Tak Bermeter Berekening 0 m3/bulan	
	Kehilangan Air 777.642 m3/bulan Margin Error [+/-] 4,2%	Kehilangan Air Non-Fisik 277.826 m3/bulan Margin Error [+/-] 18,5%	Konsumsi Bermeter Tak Berekening 205.890 m3/bulan	Air Tak Berekening 1.185.558 m3/bulan Margin Error [+/-] 2,7%
			Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 202.026 m3/bulan Margin Error [+/-] 1,6%	
		Kehilangan Air Fisik 499.816 m3/bulan Margin Error [+/-] 12,2%	Konsumsi Tak Resmi 107.236 m3/bulan Margin Error [+/-] 29,7%	
			Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 170.590 m3/bulan Margin Error [+/-] 23,6%	

Gambar 4.3 Water Balance PDAM Kota Malang Bulan Mei 2016

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Penyusunan neraca air (*water balance*) PDAM Kota Malang bulan Mei 2016 pada **Gambar 4.3** dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Volume input air ke dalam sistem adalah input volume bulanan ke dalam system penyediaan air bersih. Volume input system pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah sebesar $3.891.462 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
2. Konsumsi resmi adalah volume bulanan air bermeter dan tidak bermeter yang diambil oleh pelanggan yang terdaftar, pemasok air, dan lain-lain, misalnya air yang digunakan dalam hidran pemadam kebakaran dan lain-lain. Konsumsi resmi bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah sebesar $3.113.820 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
3. Kehilangan air adalah volume input sistem dikurangi dengan konsumsi resmi. Kehilangan air terdiri dari kehilangan air fisik dan kehilangan air non fisik. Kehilangan air pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $3.891.462 - 3.113.820 = 777.642 \text{ m}^3/\text{bulan}$. Apabila diubah dalam bentuk prosentase adalah sebesar 19,97%.
4. Konsumsi resmi berekening adalah volume air bulanan yang bermeter atau tidak bermeter yang digunakan oleh pelanggan yang terdaftar (resmi). Konsumsi resmi berekening bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah sebesar $2.705.904 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
5. Konsumsi resmi tak berekening (*unbilled authorized consumption*) adalah konsumsi resmi dikurangi dengan konsumsi resmi berekening. Sehingga perhitungan konsumsi resmi tak berekening pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $3.113.820 - 2.705.904 = 407.916 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
6. Konsumsi bermeter berekening adalah data konsumsi resmi bermeter dan tak bermeter atau biasa disebut dengan abonemen pelanggan $2.705.904 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
7. Konsumsi tak bermeter berekening (*billed unmetered consumption*) adalah konsumsi resmi berekening dikurangi dengan konsumsi bermeter berekening. Sehingga perhitungan untuk konsumsi tak bermeter berekening pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $2.705.904 - 2.705.904 = 0 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
8. Air berekening (*revenue water*) adalah konsumsi bermeter berekening ditambah dengan konsumsi tak bermeter berekening. Sehingga perhitungan untuk air berekening pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $2.705.904 + 0 = 2.705.904 \text{ m}^3/\text{bulan}$.

9. Air tak berekening adalah volume input system dikurangi dengan air berekening. Sehingga perhitungan untuk air berekening pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $3.891.462 - 2.705.904 = 1.185.558 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
10. Konsumsi bermeter tak berekening adalah pemakaian air untuk pelanggan yang dipasang meter tetapi kebijakan PDAM tidak memungut biaya pemakaian air atau gratis. PDAM memberikan kompensasi kepada warga yang bermukim di sekitar sumber air PDAM. Rumah yang diberikan kompensasi adalah rumah yang dilewati oleh jaringan pipa transmisi PDAM. Dalam PDAM Kota Malang kompensasi yang diberikan adalah $205.890 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
11. Konsumsi tak bermeter tak berekening merupakan segala konsumsi yang resmi yang tidak ditagih maupun diukur meternya. Komponen ini umumnya digunakan untuk operasional PDAM seperti pencucian pipa, tes pipa, pembersihan jalan, dan sebagainya. Perhitungan konsumsi tak bermeter tak berekening adalah konsumsi resmi tak berekening dikurangi dengan konsumsi bermeter tak berekening adalah $407.916 - 205.890 = 202.026 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
12. Konsumsi tak resmi (*unauthorized consumption*) adalah penggunaan atau pemakaian air yang tidak resmi atau tidak diketahui keberadaannya. Konsumsi tak resmi dikenal dengan sambungan liar atau pencurian air, *bypass* pada meter, penggunaan hidran tak resmi, dan lain sebagainya. Konsumsi tak resmi pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah sebesar $107.236 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
13. Ketidakakuratan meter dan penanganan data (*customer metering inaccuracies and data handling errors*) adalah kehilangan air non fisik (komersial) akibat ketidakakuratan meter pelanggan dan kesalahan-kesalahan dalam pembacaan meter. Ketidakakuratan meter dan penanganan data pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah sebesar $170.590 \text{ m}^3/\text{bulan}$.
14. Kehilangan air non fisik (*commercial losses*) adalah konsumsi tak resmi ditambah dengan ketidakakuratan meter dan penanganan data. Sehingga perhitungan kehilangan air non fisik pada bulan Mei 2016 untuk Zona

Tlogomas adalah $107.236 + 170.590 = 277.826 \text{ m}^3/\text{bulan}$. Apabila diubah dalam prosentase adalah sebesar 7,13%.

15. Kehilangan air fisik (*physical losses*) adalah volume kehilangan air melalui semua jenis kebocoran, ledakan, dan luapan pada pipa, reservoir pelayanan, dan lain sebagainya. Perhitungan kehilangan air fisik adalah kehilangan air dikurangi dengan kehilangan air non fisik. Sehingga perhitungan kehilangan air fisik pada bulan Mei 2016 untuk PDAM Kota Malang adalah $645.695 - 247.375 = 398.320 \text{ m}^3/\text{bulan}$. Apabila diubah dalam prosentase adalah sebesar 12,8%.

Hasil perhitungan *water balance* PDAM Kota Malang Bulan Mei 2016 adalah sebagai WB0 atau sebagai titik awal acuan dalam perhitungan penurunan prosentase kehilangan air. Kondisi saat ini prosentase kehilangan airnya adalah sebesar 19,97% dengan komposisi kehilangan air fisiknya sebesar 12,8% dan kehilangan air non fisiknya sebesar 7,13%.

4.1.4 Hasil Step Test

Step test digunakan untuk mengetahui letak ruas pipa yang mengalami kebocoran/kehilangan air. Metode ini dilakukan dengan melakukan penutupan valve yang sudah diatur sedemikian rupa sehingga dalam logger dapat terbaca debit air yang hilang. Dimulai dengan menutup valve yang paling jauh dari inlet, kemudian dilakukan pembacaan debit melalui *logger* yang terpasang di inlet.

A. Step Test DMA TL 1E

Kegiatan step test untuk DMA TL 1E dilakukan pada tanggal 3 Oktober 2016 pukul 22.00 WIB. Kegiatan ini dilakukan oleh enam orang. Tiga orang berada di panel inlet, tiga orang lainnya bertugas untuk membuka dan menutup valve scenario step test. Hasil penelusuran step test untuk DMA TL 1E dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Penelusuran Step test Pada DMA TL 1E

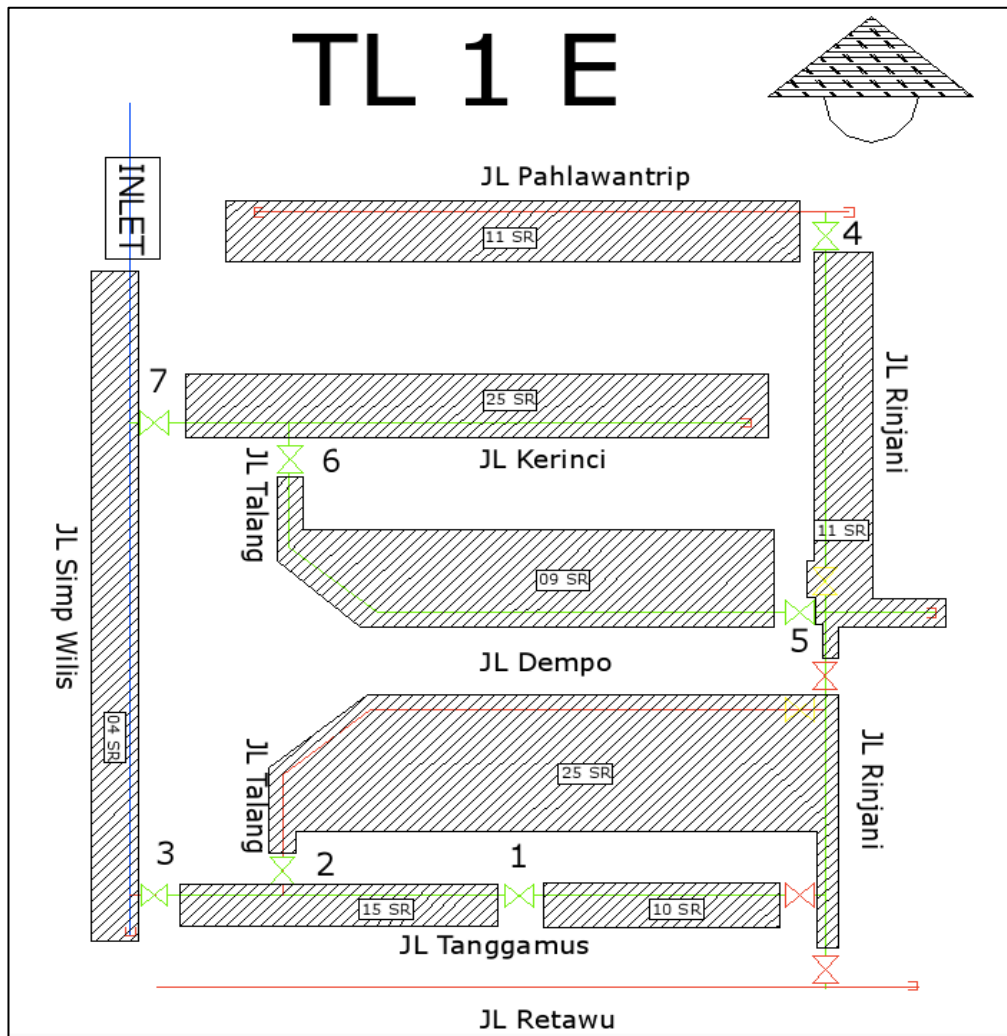
STEP	Valve									RU AS PI PA	WAK TU	Te ka nan	DE BIT (L/dtk)	KEHILA NGAN AIR (L/dtk)	dSR	dQ/dSR	KELAS BOCOR
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7	V 8	V 9		JAM						
MULAI	O	O	O	O	O	O	O	C	C		22;30	1,6	3,99				
STEP 1	C	O	O	O	O	O	O	C	C	1	22;35	1,6	3,57	0,422	10	0,0422	Tinggi
STEP 2	C	C	O	O	O	O	O	C	C	2	22;45	1,6	3,40	0,171	25	0,0068	Sedang
STEP 3	C	C	C	O	O	O	O	C	C	3	23;00	1,6	3,35	0,050	15	0,0033	Rendah
STEP 4	C	C	C	C	O	O	O	C	C	4	23;15	1,6	1,90	1,451	11	0,1319	Tinggi
STEP 5	C	C	C	C	C	O	O	C	C	5	23;25	1,6	1,35	0,547	11	0,0497	Tinggi
STEP 6	C	C	C	C	C	C	O	C	C	6	23;35	1,6	1,13	0,222	9	0,0247	Tinggi
STEP 7	C	C	C	C	C	C	C	C	C	7	23;40	1,6	0,00	1,130	25	0,0452	Tinggi
INLET	C	C	C	C	C	C	C	C	C	inlet	23;55	1,6	0,00	0,000	4	0,0000	Rendah
SELE SAI	O	O	O	O	O	O	O	O	O					3,993	110		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.5 menunjukkan total kehilangan air fisik pada DMA TL 1E adalah 3,993 l/dtk. Kategori kelas bocor dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- Kehilangan air sebesar 0,001 l/dtk sampai dengan 0,0049 l/dtk termasuk kategori kehilangan air rendah.
- Kehilangan air sebesar 0,005 l/dtk sampai dengan 0,019 l/dtk termasuk kategori kehilangan air sedang.
- Kehilangan air sebesar lebih dari 0,02 l/dtk termasuk kategori kehilangan air tinggi.

Hasil step test pada **Tabel 4.5** menunjukkan bahwa pada kehilangan air fisik pada ruas step 1, step 4, step 5, step 6, dan step 7 termasuk kategori kehilangan air tinggi, sedangkan pada ruas step 2 termasuk kategori sedang dan pada ruas step 3 termasuk kategori rendah. Skenario step test DMA TL 1E dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Skenario Step test pada DMA TL 1E

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Langkah-langkah step test pada DMA TL 1E dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Pada step mulai debit tercatat sebesar 3,99 l/dtk.
- Pada saat memasuki step 1, valve 1 ditutup, sedangkan debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 3,57 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 1 adalah debit mulai dikurangi dengan debit step 1. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $3,99 - 3,57 = 0,422$ l/dtk.
- Pada step 2 valve nomor 2 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 3,40 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 2 adalah debit

step 1 dikurangi dengan debit step 2. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $3,57 - 3,40 = 0,171$ l/dtk.

- Pada step 3 valve nomor 3 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 3,35 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 3 adalah debit step 2 dikurangi dengan debit step 3. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $3,40 - 3,35 = 0,050$ l/dtk.
- Pada step 4 valve nomor 4 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 1,90 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 4 adalah debit step 3 dikurangi dengan debit step 4. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $3,35 - 1,90 = 1,451$ l/dtk.
- Pada step 5 valve nomor 5 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 1,35 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 5 adalah debit step 4 dikurangi dengan debit step 5. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $1,90 - 1,35 = 0,547$ l/dtk.
- Pada step 6 valve nomor 6 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 1,13 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 6 adalah debit step 5 dikurangi dengan debit step 6. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $1,35 - 1,13 = 0,222$ l/dtk.
- Pada step 7 valve nomor 7 ditutup. Debit yang tercatat pada logger adalah sebesar 0 l/dtk. Untuk menghitung kehilangan air pada step 7 adalah debit step 6 dikurangi dengan debit step 7. Sehingga perhitungan kehilangan air untuk step 1 adalah $1,13 - 0 = 1,13$ l/dtk.
- Pada step inlet tercatat debit yang mengalir adalah 0 l/dtk, artinya pada ruas pipa inlet tidak terdapat kehilangan air.
- Step terakhir valve scenario dibuka semua. Total debit kehilangan air yang tercatat yaitu 3,993 l/dtk.

Hasil pencarian kehilangan air menggunakan metode step test maka diperoleh ruas-ruas pipa yang terdeteksi mengalami kehilangan air. Ruas pipa yang dimaksud adalah ruas step 1 yang terdapat pada pipa 1, ruas step 4 yang terdapat pada pipa 4, ruas step 5 yang terdapat pada pipa 5, ruas step 6 yang terdapat pada pipa 6, ruas step 7 yang terdapat pada pipa 7. Setelah didapat ruas-

ruas yang terdeteksi mengalami kehilangan air, berikutnya dilakukan pencarian titik kehilangan air menggunakan alat akustik yaitu *ground microphone*. Pencarian titik kehilangan air menggunakan alat *ground microphone* dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Penelusuran Kehilangan Air Menggunakan *Ground Microphone*

Alat *ground microphone* dapat mendengar suara aliran air di bawah tanah sehingga dapat diketahui letak atau lokasi kehilangan air di DMA TL 1E. *Ground microphone* dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran untuk berbagai macam jenis pipa. Akan tetapi alat tersebut memiliki beberapa kelemahan yaitu kurang berfungsi baik pada pipa yang berjenis plastik dan berdiameter besar. Alat *ground microphone* dapat menghasilkan suara yang baik tergantung dengan jenis pipa dan diameter pipa. Pada intinya alat *ground microphone* apabila digunakan pada pipa yang berbahan baja atau sejenisnya dan semakin kecil diameternya, maka hasil suara yang ditangkap oleh *ground microphone* akan baik sekali. Berlaku kebalikannya apabila pipa yang dideteksi adalah berjenis plastic dan sejenisnya maka hasil yang didapatkan tidak terlalu baik. Dalam penelusuran pada DMA TL 1E terdapat beberapa titik yang ditengarai terdapat kebocoran, yaitu di ruas Jl.

Rinjani dan ruas Jl. Kerinci. Kebocoran yang ditemukan di DMA TL 1E menggunakan alat *ground microphone* dapat dilihat pada **Gambar 4.6**



Gambar 4.6 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 4 & Step 7 DMA TL 1E

Kebocoran yang terjadi pada ruas Jl. Rinjani merupakan kebocoran yang berjenis semburan/kebocoran yang tidak dilaporkan (*unreported leakage*), karena lokasi kebocoran tersebut berada di bawah tanah dan airnya tidak muncul ke permukaan. Lain halnya dengan kebocoran yang terjadi pada ruas Jl. Kerinci, kebocoran yang terjadi merupakan semburan/kebocoran yang dilaporkan (*reported leakage*) karena pada ruas tersebut air muncul atau menyembur ke permukaan. Akan tetapi karena kurangnya kesadaran masyarakat kebocoran tersebut tidak dilaporkan ke pihak yang berwenang yaitu PDAM Kota Malang. Penemuan titik bocor pada lokasi tersebut berhasil dilakukan pada saat malam hari. Pada saat itu ditemukan semburan air, dimana telah dipastikan tidak ada aktifitas yang dilakukan oleh warga pada saat itu. Sehingga bisa dipastikan semburan air tersebut adalah kebocoran dari pipa PDAM.

B. Step Test DMA TL 1H

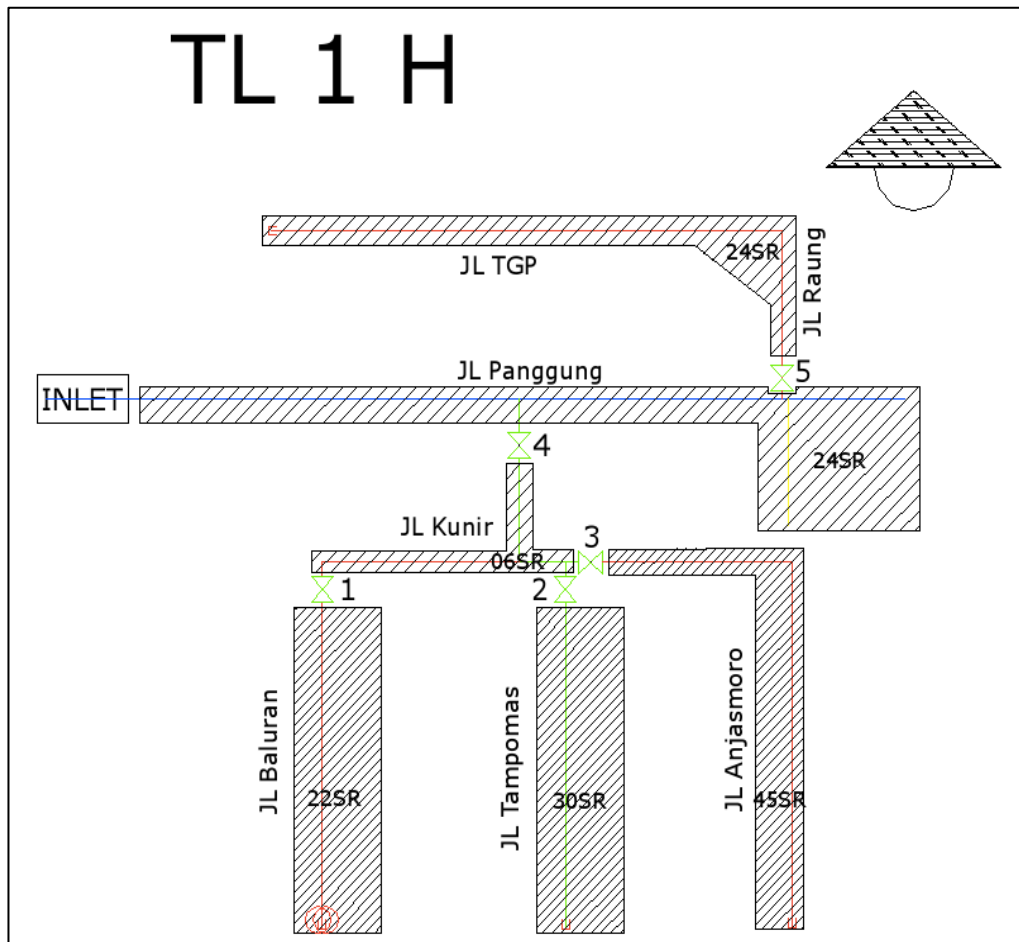
Kegiatan step test untuk DMA TL 1H dilakukan pada tanggal 5 Oktober 2016 pukul 22.00 WIB. Kegiatan ini dilakukan oleh enam orang. Tiga orang berada di panel inlet, tiga orang lainnya bertugas untuk membuka dan menutup *valve scenario step test*. Hasil penelusuran step test untuk DMA TL 1H dapat dilihat pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6 Hasil Penelusuran Step Test Pada DMA TL 1H

STEP						RUAS PIPA	WAK TU	Te ka nan	DEBIT (L/dtk)	KEHI LANG AN AIR (L/dtk)	dSR	dQ/dSR	KELAS BOCOR
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5		JAM						
MULAI	O	O	O	O	O		22;30	0,6	1,01				
STEP 1	C	O	O	O	O	1	22;40	0,6	0,77	0,240	22	0,0109	Sedang
STEP 2	C	C	O	O	O	2	23;00	0,6	0,68	0,090	30	0,0030	Rendah
STEP 3	C	C	C	O	O	3	23;10	0,6	0,42	0,260	45	0,0058	Sedang
STEP 4	C	C	C	C	O	4	23;20	0,6	0,40	0,020	6	0,0033	Rendah
STEP 5	C	C	C	C	C	5	23;30	0,6	0,10	0,300	24	0,0125	Sedang
INLET (6)	C	C	C	C	C	6	23;40	0,6	0,00	0,100	24	0,0042	Rendah
SELE SAI	O	O	O	O	O					1,01	151		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.6 menunjukkan terdapat 5 *valve scenario* yang dioperasikan untuk kegiatan *step test* pada DMA TL 1H. Total kehilangan air fisik pada DMA TL 1H adalah 1,01 l/dtk. Hasil *step test* menunjukkan bahwa pada kehilangan air fisik pada ruas step 1, step 3, step 5 termasuk kategori kehilangan air sedang, sedangkan pada step 2 dan step 4 termasuk kategori kehilangan air yang rendah. Skenario *step test* DMA TL 1H dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4.7 Skenario Step test pada DMA TL 1H

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Langkah-langkah step test pada DMA TL 1H sama seperti yang telah dijabarkan pada langkah-langkah step test pada DMA TL 1E sebelumnya. Step dimulai dari step terjauh yaitu step 1, kemudian diikuti oleh step-step selanjutnya. Step terakhir valve scenario dibuka semua dan total debit kehilangan air yang tercatat adalah sebesar 1,01 l/dtk.

Hasil pencarian kehilangan air menggunakan metode step test diperoleh ruas-ruas pipa yang terdeteksi mengalami kehilangan air. Ruas pipa yang mengalami kehilangan air adalah ruas step 5 yang berada di jl. Rinjani, dan step 3 yang berada di Jl. Anjasmoro. Ruas-ruas yang diduga terdapat kebocoran dilakukan penelusuran menggunakan instrument akustik yaitu *ground microphone*. Titik bocor yang ditemukan diberikan tanda kemudian keesokan

harinya dilakukan penggalian terhadap titik bocor yang telah diberi tanda tersebut. Kehilangan air pada ruas step 3 dan step 5 dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 3 & Step 5 DMA TL 1H

Kehilangan air pada ruas 3 yang berada di Jl. Anjasmoro merupakan kebocoran pada aksesoris *saddle*. Perbaikan dilakukan dengan mengganti *saddle* yang baru. Kehilangan air pada ruas 5 yang berada di Jl. Rinjani merupakan kebocoran pada pipa distribusi, sehingga perbaikan dilakukan dengan memasang *repair clamp* pada ruas pipa yang mengalami kebocoran. Kedua jenis kebocoran yang ditemukan di DMA TL 1H adalah semburan/kebocoran yang tidak dilaporkan (*unreported leakage*) karena kebocoran berada di bawah permukaan tanah dan tidak dapat terdeteksi apabila tidak menggunakan alat.

C. Step Test DMA TL 2.2F

Kegiatan step test untuk DMA TL 2.2F dilakukan pada tanggal 6 Oktober 2016 pukul 22.00 WIB. Kegiatan ini dilakukan oleh enam orang. Tiga orang berada di panel inlet, tiga orang lainnya bertugas untuk membuka dan menutup

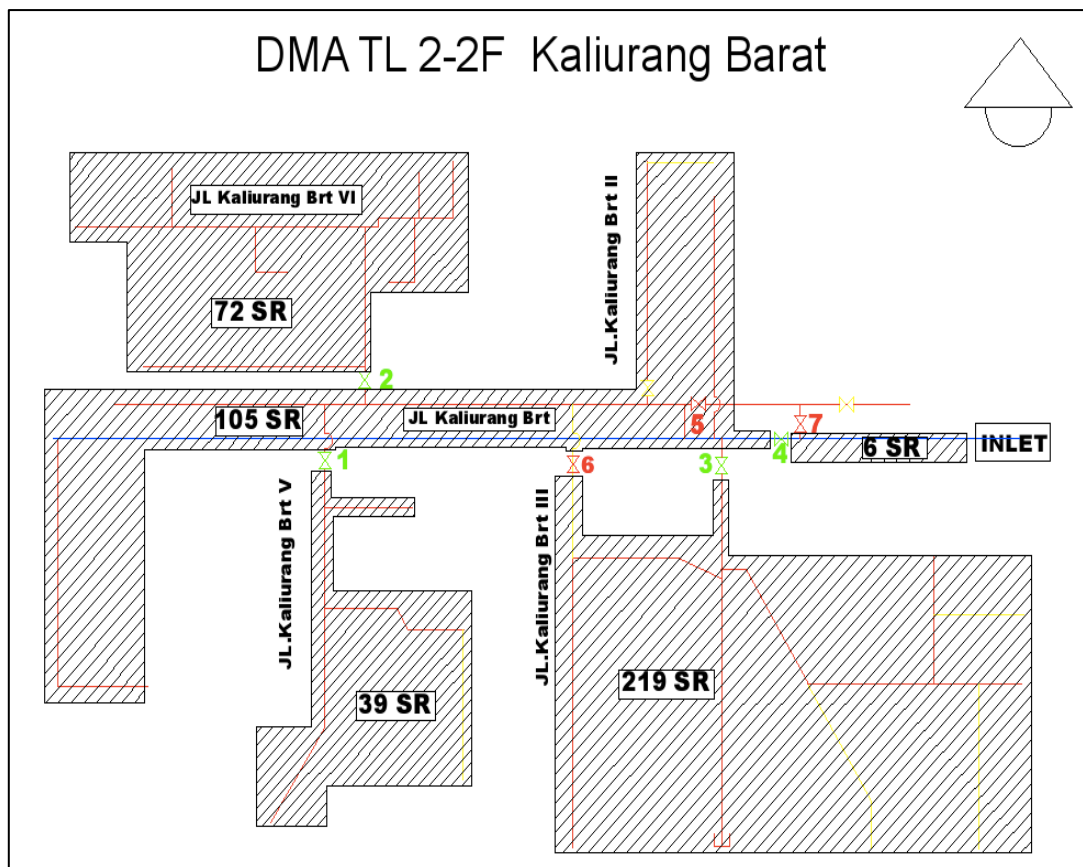
valve scenario step test. Hasil penelusuran step test untuk DMA TL 2.2F dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Hasil Penelusuran Step test Pada DMA TL 2.2F

STEP								RUAS PIPA	WAK TU	DEBIT (L/dtk)	KEHI LANG AN AIR (L/dtk)	dSR	dQ/dSR	KELAS BOCO R
	V 1	V 2	V 3	V 4	V 5	V 6	V 7		JAM					
MULAI	O	O	O	O	O	O	O		22;30	2,270				
STEP 1	C	O	O	O	C	C	C	1	22;40	2,190	0,080	39	0,002	Rendah
STEP 2	C	C	O	O	C	C	C	2	22;50	1,850	0,340	72	0,005	Rendah
STEP 3	C	C	C	O	C	C	C	3	23;00	1,700	0,150	219	0,001	Rendah
STEP 4	C	C	C	C	C	C	C	4	23;10	0,000	1,700	105	0,016	Sedang
STEP Inlet	C	C	C	C	C	C	C	7	23;40	0,000	0,000	6	0,000	Rendah
SELE SAI	O	O	O	O	O	O	O				2,27	441		

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Tabel 4.7 menunjukkan total kehilangan air fisik pada DMA TL 2.2F adalah 2,270 l/dtk. Hasil step test menunjukkan bahwa pada kehilangan air fisik pada ruas step 4 termasuk kategori kehilangan air sedang, sedangkan pada step 1, step 2, step 3 dan step inlet termasuk kategori kehilangan air yang rendah. Skenario step test DMA TL 2.2F dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Skenario Step test pada DMA TL 2.2F

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Langkah-langkah step test pada DMA TL 2.2F sama seperti yang telah dijabarkan pada langkah-langkah step test pada DMA TL 1E dan TL 1H sebelumnya. Step dimulai dari step terjauh yaitu step 1, kemudian diikuti oleh step-step selanjutnya. Step terakhir valve scenario dibuka semua dan total debit kehilangan air yang tercatat adalah sebesar 2,27 l/dtk.

Dari hasil pencarian kehilangan air menggunakan metode step test maka diperoleh ruas-ruas pipa yang terdeteksi mengalami kehilangan air. Ruas pipa yang mengalami kehilangan air adalah ruas step 4 yang berada di jl. Kaliurang Barat dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



Gambar 4.10 Kehilangan Air di Pipa Distribusi Step 4 DMA TL 2.2F

Kebocoran yang terjadi pada ruas Jl. Kaliurang Barat merupakan kebocoran fisik berjenis semburan/kebocoran yang tidak dilaporkan (*unreported leakage*), karena lokasi kebocoran tersebut berada di bawah tanah dan airnya tidak muncul ke permukaan.

4.1.5 Percepatan dan Kualitas Perbaikan Kebocoran (ALR)

Kehilangan air didapat dari laporan pelanggan dan dari hasil step test. Penanganan dilakukan maksimal H+1 dari laporan. Lama waktu kebocoran yang belum dilakukan penanganan berpengaruh pada volume kehilangan fisik, sehingga perbaikan harus segera dilaksanakan segera pada saat kebocoran terdeteksi. Kualitas perbaikan juga berdampak pada apakah perbaikan akan bertahan lama. Hal-hal penting yang harus dipertimbangkan ketika menyusun kebijakan perbaikan antara lain adalah:

- Organisasi dan prosedur-prosedur yang efisien sejak pemberitahuan awal hingga perbaikan.
- Ketersediaan peralatan dan bahan-bahan.
- Pendanaan yang memadai.
- Standar-standar yang tepat untuk bahan-bahan dan kinerja.

- Manajemen dan staf yang berkomitmen.
- Pipa dinas dan aksesoris pipa yang berkualitas baik.

PDAM Kota Malang memiliki komitmen yang tinggi dalam hal percepatan perbaikan kebocoran. Hal tersebut ditunjukkan pada saat melakukan perbaikan kebocoran pada DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F. Perbaikan kebocoran dilakukan sehari setelah ditentukan titik bocor. Komponen perbaikan kebocoran pada DMA TL 1E, DMA TL 1H, dan DMA TL 2.2F dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Jenis Perbaikan yang Dilakukan Pada DMA TL1E, TL1H, TL2.2F

No.	Service DMA	Jenis Perbaikan
1	DMA TL 1E	<ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan PRV double pilot • Pemasangan <i>critical point pressure logger</i> (GSM) • Pemasangan <i>strainer</i> • Pemasangan PRV <i>controller</i> • Pembuatan manhole untuk komponen PRV • Perbaikan/rehab pipa distribusi • Penggantian aksesoris pipa <i>valve resilient</i>
2	DMA TL 1H	<ul style="list-style-type: none"> • Penggantian aksesoris pipa <i>saddle</i> • Penggantian meter pelanggan • Perbaikan/rehab pipa distribusi
3	DMA TL 2.2F	<ul style="list-style-type: none"> • Penggantian aksesoris pipa <i>valve resilient</i> • Penggantian aksesoris pipa <i>saddle</i> • Penggantian meter pelanggan • Perbaikan/rehab pipa distribusi

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Kegiatan perbaikan pada lokasi kebocoran di TL 1E berupa pemasangan aksesoris pipa dan perbaikan/rehab pipa HDPE diameter 100mm dapat dilihat pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4.11 Perbaikan Kebocoran Pada DMA TL 1E

4.1.6 Penurunan Kehilangan Air Menggunakan *Pressure Management*

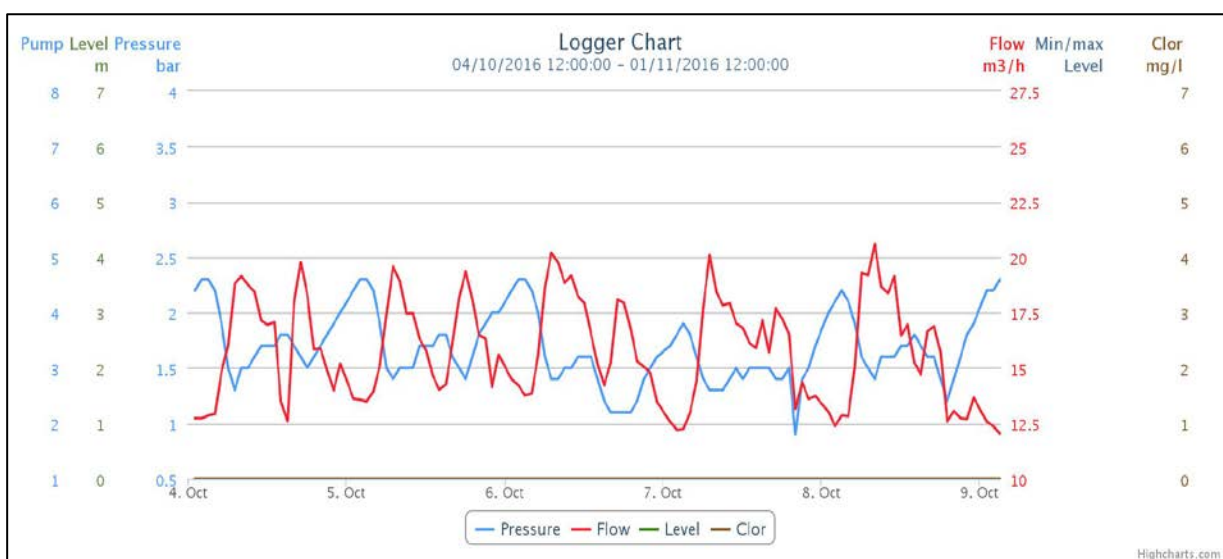
Pressure management merupakan salah satu elemen yang paling mendasar dalam strategi penurunan kebocoran. Menurut Farley, dkk (2008) terdapat hubungan fisik antara laju aliran kebocoran dan tekanan, dan frekuensi semburan-semburan baru juga merupakan satu fungsi tekanan:

- Semakin tinggi tekanan, berarti semakin tinggi kebocoran. Sebaliknya apabila semakin rendah tekanan, maka semakin rendah kebocoran.
- Terdapat hubungan linear antara tekanan dengan kebocoran (tekanan lebih rendah 10% = kebocoran 10% lebih rendah).
- Tingkat tekanan dan siklus tekanan sangat mempengaruhi frekuensi semburan.

Dengan melakukan pembentukan DMA (*District Meter Area*) dan melaksanakan penurunan NRW akan meningkatkan tekanan air di dalam DMA. Hal tersebut disebabkan karena apabila kebocoran diperbaiki, aliran di dalam DMA akan menurun. Dengan demikian kehilangan tekanan karena gesekan (*frictional headlosses*) berkurang, sehingga berdampak pada meningkatnya tekanan dalam sistem. Tekanan-tekanan yang meningkat tersebut akan semakin terlihat pada malam hari ketika penggunaan air rendah dan kehilangan tekanan

menjadi lebih rendah lagi.

Melakukan manajemen tekanan memiliki banyak manfaat diantaranya adalah dapat mengurangi kebocoran dan menstabilkan tekanan dalam sistem, yang pada akhirnya dapat menambah usia aset. Mayoritas semburan pipa yang terjadi bukan karena tekanan tinggi, namun lebih karena fluktuasi tekanan yang terus menerus sehingga membuat pipa selalu mengembang. Hal tersebut dapat menyebabkan retakan pipa karena stress. Solusi dari hal tersebut adalah dengan memasang suatu alat seperti katup penurun tekanan (*pressure reducing valve*) yang berfungsi untuk membantu mengurangi dan mengatur tekanan sesuai dengan kebutuhan, menstabilkan fluktuasi, dan mengurangi stress pada pipa. Hasil penggunaan PRV dapat dibuktikan dengan penurunan debit dan tekanan yang dilakukan pada DMA TL 1E. Berikut adalah **Gambar 4.12** yang menunjukkan hubungan antara tekanan dan debit aliran yang terekam pada logger di DMA TL 1E sebelum terpasang alat PRV.

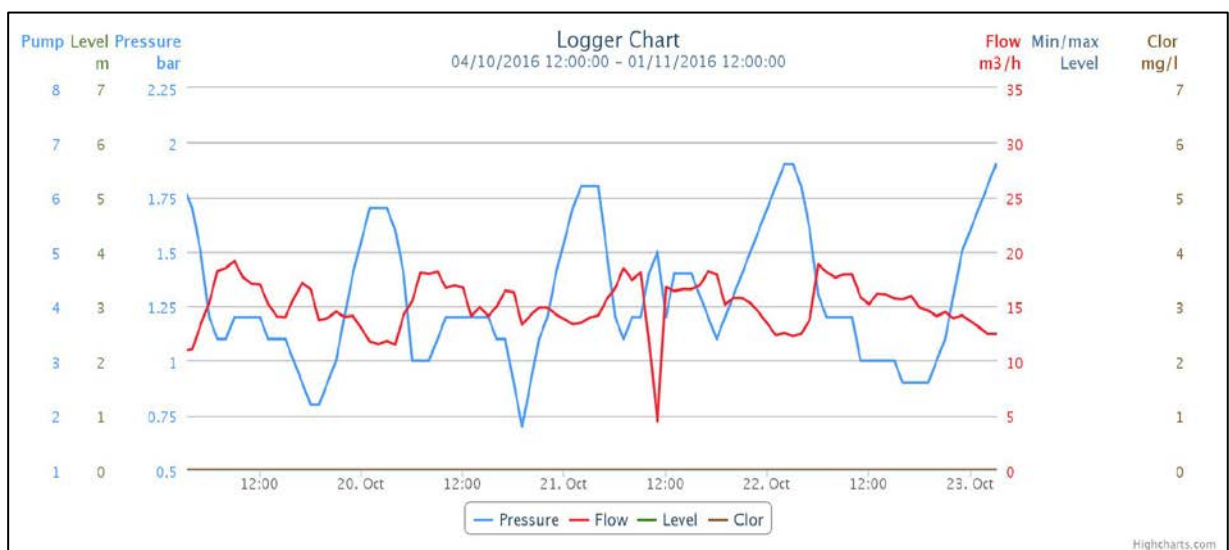


Gambar 4.12 Data Logger pada DMA TL 1E Sebelum PRV Terpasang

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Gambar 4.12 menunjukkan bahwa pada saat jam pemakaian air puncak yaitu pukul 07.00 pagi, tekanan turun menjadi 1,4 bar dan debit aliran sebesar 5,7 liter/detik. Sedangkan pada jam pemakaian minimum yaitu sekitar pukul 02.00

dini hari, tekanan meningkat sampai 2,3 bar dan debit aliran turun sampai 3,8 liter/detik. Setelah dilakukan pemasangan dan *setting* PRV pada DMA TL 1E didapatkan debit dan tekanan yang berbeda. Tekanan dan debit yang mengalir menjadi lebih kecil. Hal tersebut diketahui dari hasil pembacaan *logger* yang terpasang pada *inlet* DMA. Hasil pembacaan data *logger* pada DMA TL 1E setelah PRV terpasang dapat dilihat pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13 Data Logger pada DMA TL 1E Setelah PRV Terpasang

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Hasil perbandingan pembacaan logger sebelum dan setelah pemasangan PRV terlihat bahwa ada perbedaan yang cukup signifikan antara tekanan dan debit aliran pada DMA TL 1E. Setelah dilakukan pemasangan PRV di DMA TL 1E, tekanan dan debit aliran menjadi lebih kecil. Pada jam puncak pemakaian air yaitu pukul 07.00 pagi tekanan menjadi 1 bar sedangkan debit aliran tetap yaitu 5 liter/detik. Pada saat jam pemakaian minimum yaitu pukul 02.00 tekanan 1,8 bar dan debit aliran menjadi 3,1 liter/detik. Sepuluh hari sebelum PRV terpasang total debit yang didistribusikan adalah sebesar 41,07 liter/detik. Sedangkan total debit setelah sepuluh hari PRV terpasang adalah sebesar 39,39 liter/detik. Sehingga air yang dapat dihemat setelah dilakukan manajemen tekanan selama sepuluh hari adalah sebesar 1,6 liter/detik atau sebesar 144,8 m³/hari. Dengan penghematan

sebesar 144,8 m³/hari maka dapat digunakan untuk 145 Sambungan rumah baru dengan asumsi kebutuhan air per orang per hari adalah 250 l/orang/hari. **Gambar 4.14** Menunjukkan proses pemasangan dan setting PRV pada DMA TL 1E. PRV dipasang pada pipa HDPE berdiameter 100mm.



Gambar 4.14 Proses Pemasangan dan Setting PRV Pada DMA TL 1E

Pada penelitian ini pemasangan PRV beserta pembuatan manhole hanya dilakukan pada DMA TL 1E, karena pada DMA TL 1H dan TL 2.2F sudah terpasang PRV. Namun PRV yang sudah terpasang pada DMA tersebut masih belum di *setting* atau dengan kata lain masih belum difungsikan. *Pressure management* pada DMA terpilih mulai dilakukan pada saat komponen PRV sudah terpasang lengkap dan setelah dilakukan *setting* tekanan.

4.1.7 Manajemen Aset

Manajemen aset merupakan suatu praktik usaha yang mencakup semua aspek manajemen dan operasi perusahaan air minum. Manajemen aset yang baik diperlukan untuk manajemen kehilangan air secara ekonomi yang berjangka panjang dan tujuannya adalah untuk mengatasi kehilangan air dengan cara yang paling efektif dari segi biaya. Ini memerlukan penetapan prioritas dan pengambilan keputusan-keputusan tentang kapan akan melakukan perbaikan, penggantian, rehabilitasi atau membiarkan aset apa adanya secara bersamaan menerapkan pengelolaan tekanan dan memperbaiki program operasi dan perbaikan. Menurut Farley, dkk (2008) faktor-faktor yang menentukan dalam

manajemen aset adalah:

- Pemahaman tentang kinerja aset pada saat ini.
- Pengumpulan data aset yang dimiliki oleh PDAM.
- Memiliki sistem informasi yang baik.

Hal terpenting yang harus dilakukan dalam penurunan kehilangan air melalui manajemen aset adalah harus mengetahui usia pipa beserta aksesorisnya serta mengetahui kapan harus mengganti atau memperbaiki infrastruktur jaringan. Dari hasil pengamatan lapangan dihasilkan bagian infrastruktur yang sering mengalami kerusakan dan harus dilakukan penggantian adalah aksesoris pipa. Berdasarkan hasil penelitian, kebocoran yang terjadi pada ruas pipa mayoritas terdapat pada aksesoris *saddle* dan aksesoris *elbow*.

Hasil analisis dari peta distribusi eksisting menunjukkan bahwa PDAM Kota Malang menggunakan beberapa jenis pipa dalam sistem distribusinya, diantaranya adalah pipa jenis PVC, HDPE, GI, dan lain sebagainya. Jenis pipa yang digunakan oleh PDAM Kota Malang akan dijabarkan pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Jenis Pipa dan Usia Pipa PDAM Kota Malang

No	Jenis Pipa	Satuan	Total Panjang Pipa	Usia Pipa
1	Asbestos Cement	Km	25,42	20-30
2	PE (Polyethylene)	Km	1047,71	1-10
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	Km	1241,87	20-25
4	GP	Km	749,44	10-20
5	GI	Km	5,04	10-20
6	Ductile Iron	Km	13,12	>30
7	ABS	Km	0,23	>30
8	Cast Iron	Km	42,53	>30
9	Mild Steel	Km	10,98	>30
10	Poly-Random	Km	0,18	>30
11	Stainless Steel	Km	0,01	>30
12	Poly Steel	Km	0,8	>30

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Secara garis besar pipa yang tertanam pada jaringan sistem distribusi penyediaan air minum PDAM Kota Malang adalah pipa PVC. Diperkirakan usia

pipa PVC tersebut sekitar 20 tahun dan kondisinya sudah banyak yang retak. Oleh karena itu seharusnya mulai dilakukan pergantian pipa menggunakan jenis pipa HDPE dengan spesifikasi teknis yang lebih kuat, lentur, dan tahan lama. Peta jenis pipa dan peta diameter pipa untuk system distribusi PDAM Kota Malang dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Berdasarkan evaluasi terhadap pelaksanaan uji tera meter air dijumpai bahwa PDAM Kota Malang belum membuat perencanaan secara rutin atas peneraan meter air pelanggan. Penggantian meter pelanggan juga sangat berpengaruh dalam komponen kehilangan air, karena dapat mengurangi kehilangan air non fisik yang disebabkan oleh pembacaan meter yang tidak akurat. Uji tera meter air yang sudah dilakukan adalah berdasarkan keluhan pelanggan yang masuk. Jumlah peneraan yang telah dilaksanakan selama Tahun 2015 sebanyak 71 meter air dari seluruh pelanggan sebanyak 146.041 atau 0,05%. Sementara realisasi penggantian meter air pelanggan baru mencapai 71,42% atau 17.907 unit dari 25.073 unit yang telah ditetapkan.

Sesuai dengan Pedoman Penilaian Kinerja PDAM berdasarkan Kepmendagri Nomor 47 Tahun 1999 disebutkan untuk menjamin kebenaran data yang ditunjukkan oleh meter air, maka harus dipastikan bahwa meter air terpasang tersebut dalam kondisi baik dan akurat dengan melakukan pemeliharaan seluruh meter air terpasang dan ditera secara periodik, serta menggantinya bila rusak atau bila sudah tiba waktu penggantian. Capaian optimal kinerja aspek operasional terkait peneraan meter air ini adalah > 20% - 25%.

4.1.8 Evaluasi Kualitas Air

Membentuk serangkaian DMA bukan hanya menargetkan pengurangan kehilangan air tetapi juga dapat memperbaiki kondisi aset dan layanan kepada pelanggan, salah satunya dengan menjaga kualitas air. Menjaga kualitas air sangat erat kaitannya dengan program penurunan kehilangan air. Hal tersebut dibuktikan apabila kualitas air yang dihasilkan oleh PDAM bersifat korosif atau menghasilkan kerak, maka perlu dilakukan penanganan lebih lanjut untuk menjadikan air tersebut menjadi netral. PDAM Kota Malang telah melakukan pengambilan contoh air pada setiap reservoir berkala setiap 6 bulan. Pada DMA

TL 1E, DMA TL 1H, DMA TL 2.2F dilayani oleh reservoir Tlogomas I dan Tlogomas II. Hasil uji kualitas air untuk reservoir Tlogomas akan dijabarkan pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Hasil Uji Kualitas Air Reservoir Tlogomas PDAM Kota Malang

Parameter	PERMENKES		Tandon Tlogomas I	Tandon Tlogomas II
	NO. 492/MENKES/PER/ IV/2012		8 Agustus 2016	8 Agustus 2016
			AmKm 1959/8/16	AmKm 1961/8/16
	Kadar Max	Satuan	AmBm 1960/8/16	AmBm 1962/8/16
SC	5	ppm	0,4	0,4
pH	6.5 - 8.5	-	7,04	7,03
Daya hantar listrik	-	um hos/cm	285	259
Bau	Tidak Berbau	-	Tidak Berbau	Tidak Berbau
Warna	15	TCU	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna
Total zat padat terlarut (TDS)	500	mg/L	206	214
Kekeruhan	5	NTU	0,00	0,516
Suhu	Suhu Udara ±3	°C	29,5	28,3
Arsen	0,01	mg/L	-	-
Fluorida	1,5	mg/L	-	-
Total Kromium	0,05	mg/L	-	-
Nitrit	3	mg/L	0,122	0,148
Nitrat	50	mg/L	18,89	17,93
Sianida	0,07	mg/L	0,0125	0,0266
Aluminium	0,2	mg/L	<0,020	<0,020
Besi	0,3	mg/L	0,008	0,019
Kesadahan	500	mg/L	110,2	139,65

Parameter	PERMENKES		Tandon Tlogomas I	Tandon Tlogomas II
	NO. 492/MENKES/PER/ IV/2012		8 Agustus 2016	8 Agustus 2016
			AmKm 1959/8/16	AmKm 1961/8/16
	Kadar Max	Satuan	AmBm 1960/8/16	AmBm 1962/8/16
Khlorida	250	mg/L	30	37
Mangan	0,4	mg/L	0,024	0,031
Seng	3	mg/L	-	-
Sulfat	250	mg/L	-	-
Tembaga	2	mg/L	<0,020	<0,020
Ammonia	1,5	mg/L	-	-
Zat organik	10	mg/L	4,32	2,15
Acid Capacity	-	mg/L	-	-
Total Coli	0	Jml colony/ 100 ml	0	0
E. Coli	0	Jml colony/ 100 ml	0	0

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Hasil uji kualitas air PDAM Kota Malang menunjukkan hasil yang baik dan berada di bawah peraturan yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No.492 Tahun 2012. Akan tetapi hasil tersebut belum menunjukkan apakah air yang diproduksi bersifat korosif atau kerak. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian lebih lanjut menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices. *Software* tersebut menghasilkan Langelier Index yang hasilnya adalah korosif, netral, dan kerak (*scale*). Dari hasil tersebut dapat disimulasikan langkah apa yang sebaiknya dilakukan oleh PDAM agar kualitas airnya menjadi netral atau tidak bersifat korosif atau kerak. Data yang dimasukkan ke dalam perhitungan adalah temperature, pH, *Calcium Hardness*, total alkalinitas, dan TDS. Hasil dari perhitungan *software* tersebut adalah air PDAM Kota Malang yang berasal dari

reservoir Tlogomas I mengandung sifat korosif dengan nilai Langelier Index sebesar -0,63. Untuk mendapatkan nilai yang netral atau sebesar 0,00 langkah yang termudah adalah mensimulasikan nilai pH. Nilai pH dimasukkan secara coba-coba ke dalam perhitungan *software* sampai hasilnya netral atau 0,00. Setelah dilakukan simulasi, maka didapatkan hasil nilai Langelier Index sebesar 0,00 dengan memasukkan input nilai pH sebesar 7,67. Hasil simulasi tersebut dapat diterapkan PDAM Kota Malang untuk menambah larutan yang bersifat basa seperti NaOH. Perhitungan simulasi menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

4.1.9 Water Balance DMA Bulan Oktober 2016 (WB1)

Setelah dilakukan penelusuran kehilangan air dan dilakukan perbaikan pada ruas pipa yang mengalami kebocoran, perhitungan *water balance* (WB1) dapat dilakukan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui berapa besar penurunan kehilangan air yang telah dilakukan, yaitu dengan melihat selisih dari perhitungan *water balance* (WB0) periode bulan Mei dan perhitungan *water balance* (WB1) periode bulan Oktober. Perhitungan *water balance* (WB1) untuk periode bulan Oktober 2016 dapat dijabarkan pada **Tabel 4.11**. Pada bulan Juli DMA 2.2A digabung dengan DMA 2.2D1, sehingga DMA 2.2D1 dihapus dan diganti dengan DMA 2.2A yang memiliki lokasi meter induk di Jl. Bungur.

Tabel 4.11 Water Balance Periode Bulan Oktober 2016

No.	Lokasi Meter Induk	Service DMA	Dia-meter mm	Q Inlet m ³	Billing m ³	Jumlah Pe-langgan	NRW		MNF l/dt
							m3	%	
1	Jl.Gede Dempo	TL 1C, TL 1D, TL 1F	150	53.243	34.278	1.389	18.965	36	22,50
2	Jl. Raya Langsep (Dieng Plaza)	TL 2.1B, TL 2.1C, TL 2.1A	150	34.846	23.354	1.204	11.492	33	11,11
3	Jl. Mundu	TL 2.1D	150	16.552	9.001	465	7.551	46	5,28
4	Jl. Simpang Raya Langsep	TL 2.1B	100	14.786	13.338	731	1.448	10	4,72

No.	Lokasi Meter Induk	Service DMA	Dia-meter mm	Q Inlet m ³	Billing m ³	Jumlah Pe-langgan	NRW		MNF l/dt
							m3	%	
5	Jl. Gede Amsterdam	TL 1E	100	8.902	5.675	114	3.227	36	2,78
6	Jl. Sumber waras	TL 2.2H	100	7.450	3.751	246	3.699	50	1,11
7	Jl. Panggung (Ijen)	TL 1H	100	3.992	3.481	152	511	13	1,11
8	Jl. Kaliurang Barat	TL 2.2F	100	9.236	6.629	400	2.607	28	3,06
9	Jl. Locari	TL 2.2D	100	4.600	1.767	104	2.833	62	0,83
10	Jl. Gilimanuk	TL 2.2E	100	6.421	4.755	251	1.666	26	1,94
11	Lembang	TL 2-2G	150	16.679	9.790	608	6.889	41	14,44
12	Jl. Sarangan	TL 1N	100	4.622	3.729	204	893	19	1,11
13	Jl. Mawar 4	TL 2.2C	100	8.809	5.086	286	3.723	42	0,83
14	Jl. Salatiga	TL 1A-1	100	11.443	9.037	300	2.406	21	2,50
15	Jl. Kesemek	TL 2.1C	100	5.494	4.946	258	548	10	0,83
16	Jl. Bungur	TL 2.2A	200	7.614	7.558	429	56	1	1,11
17	Pasar Tawamangu	TL 2.2I	100	3.267	2.574	167	693	21	1,67
18	Jl. Selorejo Blok A	TL 2.2B	100	7.287	5.578	340	1.709	23	1,11
19	Jl. Jakarta	TL 1P	100	4.860	3.866	87	994	20	0,56
20	Jl. Kelud	TL1L	100	15.884	14.457	793	1.427	9	3,06
21	Jl. Galunggung	TL1	100	12.562	11.860	682	702	6	4,17
22	Jl. Ters. Ijen (Bareng Raya)	TL1M	150	15.960	20.118	1.114	(4.228)	(26)	1,39
23	Ijen Apotik	TL 1H, 1L, 1J,1K	150	52.282	51.740	2.467	542	1	1,94

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Hasil perbaikan kebocoran pada ruas pipa dapat dihitung menggunakan neraca air. Perhitungan neraca air (WB 1) pada DMA yang terpilih pada penelitian ini akan dijabarkan pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12 Profil DMA Tlogomas yang Terpilih Pada Bulan Oktober 2016

No.	Service DMA	Lokasi Meter Induk	Dia-meter Pipa Inlet	Q Inlet m ³	Q Billing m ³	Jumlah Pelanggan	NRW (%)	Penurunan NRW (%)
1	TL 1E	Jl. Gede (Amsterdam)	100	8.902	5.675	114	36	29,4
2	TL 1H	Jl. Panggung	100	3.992	3.481	152	13	66,7
3	TL 2.2F	Jl. Kaliurang Barat	100	9.236	6.629	400	28	31,7

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Tabel 4.12 menunjukkan bahwa kegiatan penurunan kehilangan air yang telah dilakukan pada DMA terpilih telah memberikan hasil yang cukup signifikan. Pada perhitungan *water balance* DMA TL 1E, prosentase kehilangan air pada bulan Mei 2016 (WB0) adalah sebesar 51% dan pada bulan Oktober (WB1) adalah sebesar 36%. Sehingga penurunan kehilangan air untuk DMA TL 1E adalah sebesar 29,4%. Hal serupa dilakukan untuk DMA TL 1H dan DMA TL 2.2F. Pada perhitungan *water balance* DMA TL 1H, prosentase kehilangan air pada bulan Mei 2016 (WB0) adalah sebesar 39% dan pada bulan Oktober (WB1) adalah sebesar 13%. Sehingga penurunan kehilangan air untuk DMA TL 1E adalah sebesar 66,7%. Perhitungan *water balance* DMA TL 2.2F, prosentase kehilangan air pada bulan Mei 2016 (WB0) adalah sebesar 41% dan pada bulan Oktober (WB1) adalah sebesar 28%. Sehingga penurunan kehilangan air untuk DMA TL 1E adalah sebesar 31,7%.

Perbandingan hasil penurunan kehilangan air secara makro pada PDAM Kota Malang dapat dituangkan melalui perhitungan *water balance*. Pada Bulan Oktober 2016 prosentase kehilangan air adalah sebesar 19,97%. Target prosentase kehilangan air dari pemerintah Kota Malang untuk 5 tahun kedepan adalah sebesar 16%. Apabila dari prosentase penurunan kehilangan air dari DMA terpilih dilakukan perhitungan rata-rata, maka prosentase penurunan kehilangan airnya adalah sebesar 42,6%.

Penurunan kehilangan air yang telah dilakukan pada DMA terpilih dapat diadaptasi kepada DMA-DMA lainnya di seluruh Kota Malang, sehingga prosentase kehilangan air untuk Kota Malang adalah sebesar 11,3%. Hasilnya adalah target pemerintah Kota Malang untuk menurunkan kehilangan air sebesar 16% dapat terpenuhi asalkan pemerintah Kota tetap berkomitmen dan konsisten dalam melakukan program penurunan kehilangan air.

Sebagai indikator lainnya bahwa penurunan kehilangan air telah berhasil dilakukan adalah dengan adanya penurunan prosentase kehilangan air dalam perhitungan *water balance* PDAM Kota Malang (WB1) Bulan Oktober 2016. Prosentase kehilangan air untuk kehilangan air adalah sebesar 18% dengan komposisi kehilangan air fisiknya sebesar 11,2% dan kehilangan air non fisiknya sebesar 6,8%. Perhitungan *water balance* PDAM Kota Malang (WB1) Bulan Oktober 2016 menggunakan program *WB-EasyCalc version 4.05* dijabarkan pada **Gambar 4.15**

Kembali	Konsumsi Resmi	Konsumsi Resmi Berekening	Konsumsi Bermeter Berekening 2.782.690 m3/bulan	Air Berekening
		2.782.720 m3/bulan	Konsumsi Tak Bermeter Berekening 30 m3/bulan	2.782.720 m3/bulan
		3.155.456 m3/bulan	Konsumsi Resmi Tak Berekening 372.736 m3/bulan	Air Tak Berekening
		Margin Error [+/-] 0,1%	Konsumsi Bermeter Tak Berekening 264.300 m3/bulan	
	Volume Input Sistem Tahunan	Margin Error [+/-] 0,8%	Konsumsi Tak Bermeter Tak Berekening 108.436 m3/bulan Margin Error [+/-] 2,9%	
		3.850.551 m3/bulan	Konsumsi Tak Resmi 84.957 m3/bulan Margin Error [+/-] 26,1%	
	Kehilangan Air	Kehilangan Air Non-Fisik 262.490 m3/bulan	Ketidakakuratan Meter dan Penanganan Data 177.533 m3/bulan Margin Error [+/-] 16,7%	Air Tak Berekening
		Margin Error [+/-] 14,1%	432.605 m3/bulan Margin Error [+/-] 11,4%	
		695.095 m3/bulan		
		Margin Error [+/-] 4,7%		

Gambar 4.15 Water Balance PDAM Kota Malang Bulan Oktober 2016

4.2 Analisis Aspek Pembiayaan

Dalam tahap ini yang akan dikaji adalah kondisi pembiayaan PDAM saat ini. Laporan laba rugi PDAM Kota Malang Tahun 2015 dapat dilihat pada **Tabel 4.13**

Tabel 4.13 Laporan Laba Rugi PDAM Kota Malang

No.	Laporan Laba Rugi	Tahun 2015
Pendapatan Usaha		
1	Penjualan Air	158.373.277.025
2	Pendapatan Non Air	15.233.308.522
Jumlah Pendapatan Usaha		173.606.585.547
Pendapatan Non Usaha		
JUMLAH PENDAPATAN		174.923.232.501
BEBAN OPERASIONAL		
	- Beban Pegawai	50.659.935.168
	- Beban Pemakaian Bahan Bakar	795.332.356
	- Beban Listrik	24.485.722.996
	- Beban Pemakaian Bahan Pembantu	8.975.424.166
	- Beban Pemakaian Bahan Kimia	199.584.000
	- Beban Air Baku	3.783.327.035
	- Beban Pemeliharaan	18.750.448.769
	- Beban Penyusutan / Amortisasi	23.617.587.639
	- Beban Peny. / Penghapusan Piutang	196.267.677
	- Beban Keuangan / Pinjaman	2.307.480.275
	- Beban Operasi Lainnya	12.361.045.781
JUMLAH BEBAN OPERASIONAL		146.132.155.862
<i>Operating Profit Margin</i>		
LABA (RUGI) KOTOR		
BEBAN NON OPERASIONAL		
JUMLAH BEBAN		147.917.225.581

No.	Laporan Laba Rugi	Tahun 2015
	LABA SEBELUM PAJAK	27.006.006.920
	Pajak Penghasilan	6.751.501.730
	LABA BERSIH	20.254.505.190

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Berdasarkan hasil survey penurunan kehilangan air pada DMA TL 1E, DMA TL 1H, DMA TL 2.2F telah dilakukan langkah-langkah perbaikan yaitu:

- Perbaikan pipa distribusi
- Penggantian aksesoris pipa (*saddle, valve*).
- Pemasangan *Pressure Reducing Valve* (PRV).
- Penggantian meter pelanggan.
- Deteksi kebocoran (*Step Test*).

Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk perbaikan dapat dilihat pada **Tabel 4.14**

Tabel 4.14 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Untuk Perbaikan

No.	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
I	<i>Pressure Management</i>				
1	<i>Critical point pressure logger (GSM)</i>	Unit	1	25.000.000	25.000.000
2	<i>Strainer</i>	Unit	1	4.132.249	4.132.249
3	<i>PRV double pilot</i>	Unit	1	250.000.000	250.000.000
4	<i>PRV controller</i>	Unit	1	150.000.000	150.000.000
II	<i>Perbaikan Kebocoran (Awareness Located Repair)</i>				
1	Perbaikan/rehab pipa distribusi	Meter	430	194.051	83.441.930

No.	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
2	Penggantian aksesoris pipa <i>saddle</i>	Buah	8	70.380	563.040
3	Penggantian aksesoris pipa <i>valve resilient</i>	Buah	3	3.500.000	10.500.000
4	Penggantian meter pelanggan	Buah	5	300.000	1.500.000
5	Deteksi kebocoran (<i>Step Test</i>)	kali	3	500.000	1.500.000
6	Crain kapasitas 5 ton (mobile)	Buah	1	5.000.000	5.000.000
Jumlah					531.637.219

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Adanya kehilangan air pada sistem distribusi air minum mengakibatkan hilangnya pendapatan bagi PDAM Kota Malang. Kehilangan pendapatan dapat mengakibatkan suatu PDAM merugi. Oleh karena itu PDAM Kota Malang melakukan suatu upaya penurunan kehilangan air. Setelah dilakukan kegiatan step test, penelusuran menggunakan alat *ground microphone* dan perbaikan kebocoran, tentunya PDAM Kota Malang memiliki tambahan pendapatan. Tambahan pendapatan berasal dari hasil penjualan air selama periode penurunan kehilangan air. Dengan tarif rata-rata sebesar Rp. 4.037 per m³ untuk daerah perumahan, dapat ditentukan tambahan pendapatan tiap bulan yang diterima PDAM Kota Malang. Pendapatan yang diperoleh setelah dilakukan perbaikan dalam rangka penurunan kehilangan air dapat dilihat pada **Tabel 4.15**

Tabel 4.15 Tambahan Pendapatan dari Hasil Penurunan NRW

No.	Service DMA	Penurunan NRW (m ³)	Tarif Rata- Rata (Rp)	Tambahan Pendapatan (Rp)	Tambahan Pendapatan Per Tahun (Rp)
1	DMA TL 1E	1.520	4.037	6.136.240	73.634.880
2	DMA TL 1H	1.326	4.037	5.353.062	64.236.744
3	DMA TL 2.2F	711	4.037	2.870.307	34.442.684
Jumlah				14.359.609	172.315.308

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Penurunan kehilangan air yang telah dilakukan pada DMA TL 1E, DMA TL 1H, DMA TL 2.2F telah menunjukkan hasil yang cukup signifikan bagi PDAM Kota Malang. Pada **Tabel 4.12** DMA TL 1E Penurunan NRW yang berhasil dilakukan adalah sebesar 1.520 m³, dengan tarif rata-rata sebesar Rp. 4.037,00 sehingga tambahan pendapatan untuk DMA TL 1E adalah sebesar Rp. 6.136.240,00, tambahan pendapatan untuk DMA TL 1H adalah sebesar Rp. 5.353.062,00, dan tambahan pendapatan untuk DMA TL 2.2F adalah sebesar Rp. 2.870.307,00. Sehingga total tambahan pendapatan penurunan NRW untuk DMA terpilih adalah sebesar Rp. 14.359.609,00. Total biaya tambahan tersebut diasumsikan selama periode penurunan kehilangan air yaitu selama 1 bulan. Sehingga selama setahun tambahan biaya yang didapat adalah sebesar Rp. 172.315.308,00. Total keseluruhan pendapatan dari hasil perbaikan kebocoran akan dijabarkan pada **Tabel 4.16**

Tabel 4.16 Pendapatan dari Hasil Perbaikan Kebocoran

No.	Uraian	Satuan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Biaya (Rp)
1	Hasil Penjualan air	m ³	147.384	4.037	594.989.208
2	Tambahan pendapatan	m ³	42.684	4.037	172.315.308
Jumlah					767.304.516

Sumber: Hasil Analisis, 2016

4.2.1 Perhitungan Metode *Net Present Value*

Net Present Value atau biasa disingkat dengan NPV merupakan kombinasi pengertian present value penerimaan dengan present value pengeluaran. NPV bisa disebut sebagai Nilai Kekayaan Bersih Sekarang, metode ini menghitung selisih antara nilai sekarang (PV) dengan nilai sekarang penerimaan-penerimaan kas bersih (operasional dan internal cash flow) di masa yang akan datang, untuk menghitung nilai sekarang tersebut perlu ditentukan terlebih dahulu tingkat bunga yang dianggap relevan. Perhitungan NPV pada studi ini didasarkan pada umur proyek 10 tahun dan selanjutnya akan dilakukan rehab serta perbaikan yang lainnya. Nilai inflasi yang diperhitungkan setiap tahunnya sebesar 6% dengan diskon rate sebesar 14%. Untuk tahun ke-0 belum ada aliran kas dan hanya ada invesatsi awal karena belum adanya kegiatan yang dilakukan. Perhitungan *Net Present Value* (NPV) dijabarkan pada **Tabel 4.17**

Tabel 4.17 Nilai NPV DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F

Tahun ke-	nilai riil tanpa inflasi	nilai dengan inflasi 6%	(P/F,14%,t)	NPV
0	-531.637.219	0	1	-531.637.219
1	240.055.399	254.458.723	0,91743	233.448.370
2	244.636.816	269.726.247	0,84168	227.023.186
3	249.218.233	285.909.822	0,77218	220.774.841
4	253.799.650	303.064.411	0,70843	214.698.469
5	258.381.067	321.248.276	0,64993	208.789.337
6	262.962.484	340.523.172	0,59627	203.042.842
7	267.543.901	360.954.562	0,54703	197.454.506
8	272.125.318	382.611.836	0,50187	192.019.979
9	276.706.735	405.568.546	0,46043	186.735.025
10	281.288.152	429.902.659	0,42241	181.595.529
Jumlah				1.533.944.865
Jumlah arus kas				1.533.944.865
PV				647.954.888
NPV				116.317.669

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Indikator kelayakan yang digunakan dengan rumus NPV adalah apabila $NPV > 0$ maka proyek layak dijalankan. Dari hasil perhitungan NPV oleh **Tabel 4.17** Menunjukkan bahwa $NPV > 0$ maka proyek untuk penurunan kehilangan air pada DMA TL 1E, TL1H, dan TL 2.2F layak untuk dijalankan.

4.2.2 Perhitungan Metode *Internal Rate of Return*

IRR adalah tingkat diskonto social yang menyebabkan nilai $NPV = 0$. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan IRR adalah data jumlah semua pengeluaran termasuk investasi dan pemasukan selama umur proyek. Hasil perhitungan IRR DMA TL 1E, TL1H, dan TL 2.2F menggunakan metode trial and error akan dijabarkan **Tabel 4.18**

Tabel 4.18 Perhitungan Nilai IRR DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F

Tahun Ke-	Kas bersih	Bunga 13%		Bunga 15%	
		DF	PV kas bersih	DF	PV Kas bersih
1	254.458.723	0,8850	225.184.711	0,8696	221.268.455
2	269.726.247	0,7831	211.235.216	0,7561	203.951.793
3	285.909.822	0,6931	198.149.848	0,6575	187.990.349
4	303.064.411	0,6133	185.875.079	0,5718	173.278.061
5	321.248.276	0,5428	174.360.693	0,4972	159.717.169
6	340.523.172	0,4803	163.559.589	0,4323	147.217.564
7	360.954.562	0,4251	153.427.579	0,3759	135.696.190
8	382.611.836	0,3762	143.923.215	0,3269	125.076.488
9	405.568.546	0,3329	135.007.618	0,2843	115.287.893
10	429.902.659	0,2946	126.644.314	0,2472	106.265.362
Total PV Kas Bersih			1.717.367.862		1.575.749.324
Total PV Investasi			1.594.911.657		1.594.911.657
NPV		C1	122.456.205	C2	-19.162.333

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

Dari **Tabel 4.18** Digunakan metode *trial and error*, dengan cara mencari NPV positif dan negative terlebih dahulu sampai diperoleh dengan menggunakan tingkat suku bunga tertentu seperti tertera pada **Tabel 4.18**. Dari perhitungan tersebut diperoleh:

$$r1 = 13\%$$

$$r2 = 15\%$$

$$NPV1 = 122.456.205$$

$$NPV2 = -19.162.333$$

Maka IRR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IRR = r1 + (r2 - r1) \times \frac{NPV1}{-NPV1 - NPV2}$$

$$IRR = 11 + (13 - 11) \times \frac{122.456.205}{122.456.205 - (-19.162.333)}$$

$$IRR = 14,729\%$$

Syarat agar proyek diterima adalah IRR harus lebih besar dari bunga pinjaman. Apabila tingkat bunga ini lebih besar daripada tingkat bunga relevan yang berlaku, maka investasi dikatakan menguntungkan. Sedangkan kalau lebih

kecil, maka dapat dinyatakan proyek kegiatan tidak menguntungkan (rugi) secara ekonomis. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa IRR lebih besar dari tingkat bunga relevan yang berlaku, maka proyek penurunan kehilangan air untuk DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F diterima.

4.2.3 Analisis Kelayakan Investasi dengan *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Analisis kelayakan kegiatan penurunan kehilangan air menggunakan metode analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR) yaitu membandingkan biaya yang dikeluarkan dengan manfaat yang diterima. Perhitungan BCR dapat dilihat pada **Tabel 4.19**

Tabel 4.19 Perhitungan Nilai BCR Untuk DMA TL 1E, TL 1H, TL 2.2F

Tahun ke-	nilai benefit dengan inflasi 6%	nilai cost dengan inflasi 6%
0		563.535.452
1	813.342.787	558.884.064
2	862.143.354	592.417.107
3	913.871.955	627.962.134
4	968.704.273	665.639.862
5	1.026.826.529	705.578.254
6	1.088.436.121	747.912.949
7	1.153.742.288	792.787.726
8	1.222.966.825	840.354.989
9	1.296.344.835	890.776.289
10	1.374.125.525	944.222.866
Jumlah	10.720.504.493	7.930.071.691
	B/C	1,351879896

Sumber: Hasil Perhitungan, 2016

$$BCR = \frac{Benefit}{Cost}$$

$$BCR = \frac{10.720.504.493}{7.930.071.691}$$

$$BCR = 1,35 \rightarrow \text{Layak}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *benefit cost ratio* lebih dari 1, artinya proyek layak untuk dibangun.

4.2.4 Strategi Pendanaan

Dalam upaya melaksanakan program penurunan kehilangan air, perlu diperhatikan pula sumber pendanaannya. PDAM Malang merupakan salah satu perusahaan yang sangat gigih dalam melaksanakan program penurunan kehilangan air. Hal tersebut dibuktikan bahwa PDAM Kota Malang mampu mengalokasikan dana untuk pelaksanaan program penurunan kehilangan air. PDAM Kota Malang memiliki beberapa sumber pendanaan untuk dapat melaksanakan program-program yang direncanakan, diantaranya adalah dari APBD dan APBN. Alokasi dana yang direncanakan oleh PDAM Kota Malang dalam rangka pelaksanaan program penurunan kehilangan air akan dijabarkan strategi pendanaannya pada **Tabel 4.20**

Tabel 4.20 Strategi Pendanaan Program Penurunan Kehilangan Air

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Alokasi Pembiayaan
I.	PRV Double Pilot			
1	PRV Double Pilot Dia. 100 mm	Unit	62	PDAM Kota Malang
			36	Bantuan APBN
2	PRV Double Pilot Dia. 150 mm	Unit	13	PDAM Kota Malang
			4	Bantuan APBN
3	PRV Double Pilot Dia. 200 mm	Unit	7	PDAM Kota Malang
			5	Bantuan APBN
4	PRV Double Pilot Dia. 300 mm	Unit	3	PDAM Kota Malang
			1	Bantuan APBN
II.	Strainer			
1	Strainer Dia. 75 mm	Unit	2	PDAM Kota Malang
1	Strainer Dia. 100 mm	Unit	32	PDAM Kota Malang
1	Strainer Dia. 150 mm	Unit	11	PDAM Kota Malang
1	Strainer Dia. 200 mm	Unit	5	PDAM Kota Malang
III.	Valve Resilient			
1	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	200	PDAM Kota Malang

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Alokasi Pembiayaan
			60	Bantuan APBN
2	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	100	PDAM Kota Malang
			20	Bantuan APBN
3	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	100	PDAM Kota Malang
			10	Bantuan APBN
4	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	32	PDAM Kota Malang
			4	Bantuan APBN
5	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	6	PDAM Kota Malang
			2	Bantuan APBN
6	Valve Resilient Dia. 50 mm	Unit	2	PDAM Kota Malang
			60	Bantuan APBN
7	Aksesoris Valve Resilient	Unit	10.120	PDAM Kota Malang
IV. Meter Induk (<i>Electromagnetic Flowmeter Battery Power</i>)				
1	Meter Induk Dia. 75 mm	Unit	1	PDAM Kota Malang
1	Meter Induk Dia. 100 mm	Unit	89	PDAM Kota Malang
1	Meter Induk Dia. 150 mm	Unit	40	PDAM Kota Malang
1	Meter Induk Dia. 200 mm	Unit	1	PDAM Kota Malang
V. WMA (<i>Water Meter Analyzer</i>)/Online Data Logger				
1	WMA/Online data logger	Unit	131	PDAM Kota Malang
VI. Peralatan Pendukung				
1	Leak correlator	Unit	1	PDAM Kota Malang
2	Ground Microphone	Unit	1	PDAM Kota Malang
3	Logger GSM	Unit	10	PDAM Kota Malang
4	Data Logger	Unit	20	PDAM Kota Malang
5	Web Software GSM	Paket	1	PDAM Kota Malang
6	Ultrasonic Flow Meter	Unit	1	PDAM Kota Malang
7	Insertion Probe Flow Meter	Unit	1	PDAM Kota Malang
8	Multilog LX	Unit	1	PDAM Kota Malang
9	Flow Modulation	Unit	2	PDAM Kota Malang

No.	Uraian	Satuan	Kuantitas	Alokasi Pembiayaan
10	Metal Detector	Unit	2	PDAM Kota Malang
11	Meter 0,5 inch C class	Unit	20.000	PDAM Kota Malang

Sumber: Hasil Analisis, 2016

4.3 Analisis Aspek Kelembagaan

PDAM Kota Malang termasuk salah satu PDAM di Indonesia yang memiliki penilaian kinerja baik dan dinyatakan sehat. Tingkat keberhasilan perusahaan yang dinilai berdasarkan Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 47 Tahun 1999 tanggal 31 Mei 1999 tentang Pedoman Penilaian Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum, digolongkan sebagai berikut:

- 1) Baik Sekali, bila memperoleh nilai kinerja di atas 75.
- 2) Baik, bila memperoleh nilai kinerja di atas 60 sampai dengan 75.
- 3) Cukup, bila memperoleh nilai kinerja diatas 45 sampai dengan 60.
- 4) Kurang, bila memperoleh nilai kinerja diatas 30 sampai dengan 45.
- 5) Tidak baik, bila nilai kinerja kurang dari atau sama dengan 30.

Hasil penilaian atas kinerja PDAM Kota Malang untuk Tahun 2015 adalah 74,84 dengan kategori “Baik”. Rincian penilaian kinerja PDAM Kota Malang untuk Tahun 2014 dan Tahun 2015 dijabarkan pada **Tabel 4.21**

Tabel 4.21 Penilaian Kinerja PDAM Kota Malang Berdasarkan Kepmendagri No. 47 Tahun 1999

Aspek	Nilai 2015	Nilai 2014	Naik/Turun
Keuangan	33,00	34,50	(1,50)
Operasional	28,09	28,09	0
Administrasi	13,75	13,75	0
Jumlah	74,84	76,34	(1,50)

Sumber: BPKP, 2016

Berdasarkan penilaian kinerja PDAM Kota Malang tahun 2015 menurut hasil audit kinerja BPPSPAM, PDAM Kota Malang termasuk dalam kategori sehat yaitu dengan memiliki nilai 3,93. PDAM Kota Malang sudah *Full Cost*

Recovery atau tarif penjualan air rata-rata sudah dapat menutup biaya secara penuh. Hal tersebut menunjukkan bahwa PDAM Kota Malang sudah mendapatkan keuntungan dari usaha penjualan airnya, sehingga keuntungan yang diperoleh dapat digunakan untuk peningkatan pelayanan dalam system penyediaan air minum. Hasil penilaian kinerja PDAM Kota Malang ditunjukkan berdasarkan hasil audit menurut BPPSPAM. dapat dijabarkan pada **Lampiran 6**.

Secara kelembagaan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Malang merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang memiliki 2 fungsi utama yaitu:

- Sebagai pelayan masyarakat (*public service orientation*) yaitu memberikan layanan air minum kepada masyarakat secara tepat kualitas, kuantitas, dan kontinuitas.
- Orientasi bisnis (*business oriented*) yaitu mengelola bisnis untuk mendapatkan keuntungan dalam rangka mewujudkan tingkat pendapatan dan menjamin kelanjutan perusahaan serta berkontribusi dalam pendapatan asli daerah (PAD) secara optimal.

4.3.1 Bentuk Organisasi

Berdasarkan Peraturan Direksi PDAM Kota Malang Nomor 30 Tahun 2013, tanggal 31 Desember 2013 tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Uraian Tugas , Fungsidan Tata Kerja PDAM Kota Malang, Direksi dibantu:

- a) Unsur staf yang berkedudukan dibawah Direktur Utama yaitu Kepala Satuan Pengawasan Internal, Kepala Pusat Sistem Informasi Manajemen, Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan, Staf Ahli Bidang Administrasi dan Keuangan dan Staf Ahli Bidang Teknik
- b) Unsur pelaksana yaitu sebelas manajer yang kedudukannya berada di bawah Direktur Bidang, terdiri dari Manajer Umum, Sumber Daya Manusia (SDM), Keuangan, Hubungan Pelanggan, Pengadaan, Perencanaan Teknik, Produksi, Jaringan Pelanggan, Perawatan, Pengawas Pekerjaan, dan Kehilangan Air.

Jumlah pegawai per 31 Desember 2015 sebanyak 383 orang, dimana seluruhnya adalah pegawai tetap. Berdasarkan jabatannya, jumlah pegawai tetap PDAM Kota Malang dapat dijabarkan pada **Tabel 4.22**

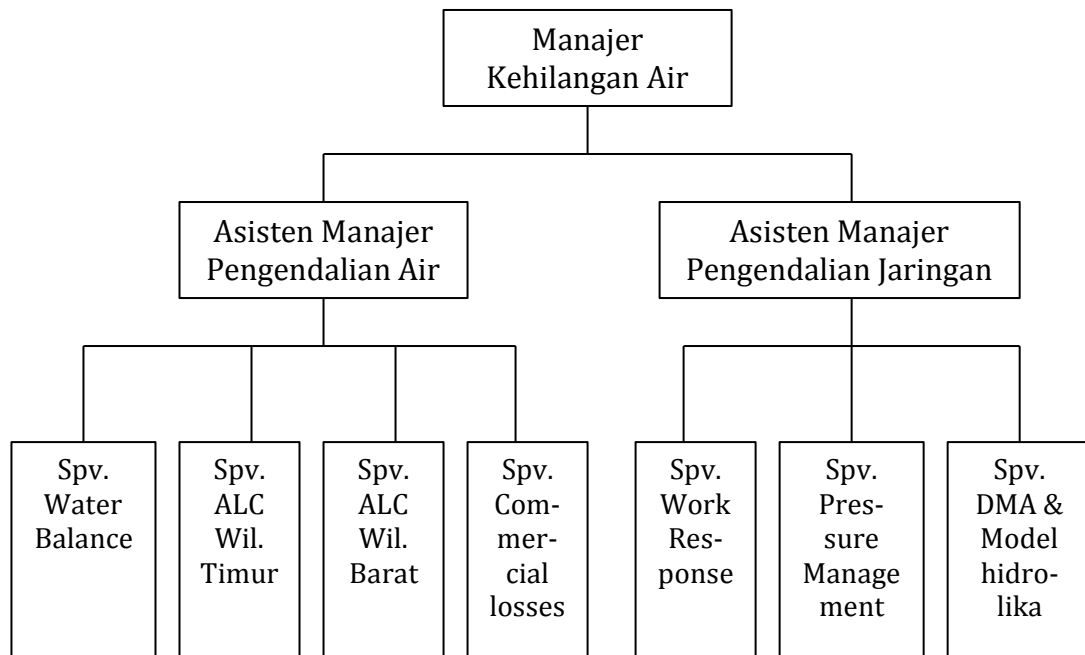
Tabel 4.22 Jumlah Pegawai PDAM Kota Malang Berdasarkan Jabatan

JABATAN	Tetap	Tidak Tetap	Jumlah
a. Direksi	3	-	3
b. Kepala SPI	1	-	1
c. Kepala Pusat SIM	1	-	1
d. Kepala Pusat Litbang	1	-	1
e. Staf Ahli Bidang Administrasi dan Keuangan	1	-	1
f. Staf Ahli Bidang Teknik	1	-	1
g. Manajer	11	-	11
h. Kepala Bidang	4	-	4
i. Asisten Manajer	29	-	29
j. SPI	9	-	9
k. Litbang	4	-	4
l. SIM	11	-	11
m. Staf Administrasi	118	-	118
n. Staf Teknik	189	-	189
Jumlah	383	-	383

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

4.3.2 Analisis Beban Kerja Organisasi Kehilangan Air PDAM Malang

Berdasarkan Peraturan Direksi PDAM Kota Malang Nomor 30 Tahun 2013 PDAM Kota Malang memiliki manajer kehilangan air yang secara struktur organisasi berada di bawah Direksi Teknik. Susunan tim penurunan kehilangan air akan dijelaskan oleh **Gambar 4.17**



Gambar 4.17 Struktur Organisasi Tim Penurunan Kehilangan Air

Sumber: PDAM Kota Malang, 2016

Menurut struktur organisasi tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang, manajer kehilangan air dibantu oleh asisten manager pengendalian kehilangan air dan asisten pengendalian jaringan. Dibawah asisten manager pengendalian air dibantu oleh beberapa supervisor, diantaranya adalah supervisor water balance, supervisor *Active Leakage Control* (ALC) wilayah barat, supervisor ALC wilayah timur, dan supervisor commercial losses. Sedangkan asisten manager pengendalian jaringan dibantu oleh supervisor work response, supervisor *pressure management*, dan supervisor DMA & model hidrolika. Tim penurunan kehilangan air memiliki beberapa program kerja diantaranya adalah *pressure management*, water balance, dan deteksi kebocoran secara aktif. Uraian pekerjaan untuk masing-masing supervisor dijabarkan pada **Tabel 4.23**

Tabel 4.23 Uraian Pekerjaan Supervisor Tim Penurunan Kehilangan Air

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
1	Manajer Kehilangan Air	<ul style="list-style-type: none"> • Penyusunan rencana pengembangan jangka pendek di bagian kehilangan air. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan <i>pressure management</i>. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pembentukan <i>District Meter Area</i> (DMA). • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pengendalian <i>water balance</i> pada setiap <i>District Meter Area</i> (DMA) pada Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). • Merencanakan dan mengawasi kegiatan pengendalian pelaksanaan penurunan kehilangan air. • Merencanakan dan mengawasi kegiatan penyusunan laporan pada Bagian Kehilangan Air. • Melakukan pembinaan pegawai pada Bagian Kehilangan Air. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & Problem Solving • Manajemen Air Minum Tingkat Madya • Balanced Score Card • HPS • SPAM • Hidrolika • NRW
2	Asisten Manajer Pengendalian Jaringan	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pengendalian jaringan distribusi air; • Mengatur dan mengendalikan kegiatan penggantian pipa dan 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & Problem Solving • NRW • Hidrolika • SPAM

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		<p>aksesorisnya untuk perbaikan sistem distribusi dan tekanan;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pembentukan <i>District Meter Area</i> (DMA) berdasarkan model hidrolika; • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemeliharaan kebersihan lingkungan <i>reservoir</i> distribusi air; • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemutakhiran data <i>Geographic Information System</i> (GIS); • Mengatur dan mengendalikan kegiatan penyusunan laporan pada Divisi Pengendalian Jaringan; • Melakukan pembinaan pegawai pada Divisi Pengendalian Jaringan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Smallworld (GIS).
3	Asisten Manajer Pengendalian Kehilangan Air	<ul style="list-style-type: none"> • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pengukuran <i>water balance</i> pada setiap <i>District Meter Area</i> (DMA) dan keseluruhan Sistem Penyediaan Air Minum. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leadership & Problem Solving • NRW • Hidrolika • SPAM • GIS

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		<ul style="list-style-type: none"> • Membuat usulan penanggulangan kehilangan air baik fisik maupun <i>commercial</i>. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan pemutakhiran data <i>Geographic Information System</i>. • Membuat laporan hasil analisa akurasi meter <i>District Meter Area</i> (DMA) dan meter produksi. • Mengatur dan mengendalikan kegiatan penyusunan laporan pada Divisi Pengendalian Kehilangan Air. • Melakukan pembinaan pegawai pada Divisi Pengendalian Kehilangan Air. 	
4	Supervisor <i>Water Balance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mengukur debit inlet di District Meter Are (DMA) yang terbentuk • Identifikasi batas DMA terbentuk • Mengoperasikan software integrasi neraca air • Membuat laporan bulanan neraca air 	<ul style="list-style-type: none"> • NRW • Hidrolika • SPAM • GIS • Instrumen NRW ArcGIS
5	Supervisor <i>Active Leakage Control</i> Wilayah Timur	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan di wilayah timur. • Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan 	<ul style="list-style-type: none"> • NRW • Hidrolika • SPAM • GIS • Instrumen NRW • ArcGIS

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		<i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan di wilayah timur.	<ul style="list-style-type: none"> • SIPPDAM • Microsoft Access
6	Supervisor Active <i>Leakage Control</i> Wilayah Barat	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan di wilayah barat; • Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>physical</i> dan <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan di wilayah barat. 	<ul style="list-style-type: none"> • NRW • Hidrolika • SPAM • GIS • Instrumen NRW • ArcGIS • SIPPDAM • Microsoft Access
7	Supervisor DMA & Model Hidrolika	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisa pembentukan <i>District Meter Area</i> (DMA); • Menganalisa kalibrasi model hidrolika jaringan perpipaan distribusi air pada semua <i>District Meter Area</i> (DMA); • Membuat laporan analisa hidrolika dan pembentukan <i>District Meter Area</i> (DMA); 	<ul style="list-style-type: none"> • NRW • Hidrolika • GIS • SPAM
8	Supervisor <i>Pressure Management</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisa dan memonitoring <i>pressure management</i>/pengaturan tekanan air pada <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; • Melakukan kegiatan <i>maintenance Pressure Reducing Valve</i> (PRV) dan <i>strainer</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> • NRW • SPAM • Hidrolika • GIS

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		<ul style="list-style-type: none"> Monitoring level air pada reservoir. Membuat laporan kegiatan Pressure Management. 	
9	Supervisor <i>Complaint Response</i>	<ul style="list-style-type: none"> Analisa dan penanganan Air Tidak Mengalir (ATM) di seluruh wilayah pelayanan; Penanganan perbaikan tekanan; Penyusunan laporan kegiatan penanganan Air Tidak Mengalir (ATM) dan perbaikan tekanan. 	<ul style="list-style-type: none"> NRW Hidrolika GIS SPAM
10	Supervisor <i>Commercial Losses</i>	<ul style="list-style-type: none"> Membuat jadwal kegiatan survey <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; Membuat jadwal pemasangan radio AMR pada <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; Mendownload rekaman radio AMR yang terpasang di <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; Menganalisa hasil kegiatan pencarian <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; Menganalisa penanganan data <i>commercial losses</i> dari segi meter pelanggan dan audit elektronik data pelanggan; Menganalisa hasil rekaman radio AMR dibandingkan dengan meter 	<ul style="list-style-type: none"> SQL Excel expert

No.	Jabatan	Uraian Pekerjaan	Pelatihan
		induk di <i>District Meter Area</i> (DMA) terbentuk; <ul style="list-style-type: none"> • Membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian <i>commercial losses</i> pada <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan dan hasil audit elektronik data pelanggan; • Membuat laporan hasil analisa rekaman radio AMR dibandingkan dengan meter induk di <i>District Meter Area</i> (DMA) yang ditentukan 	

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Berdasarkan hasil analisis uraian pekerjaan tim penurunan kehilangan air yang terdapat pada **Tabel 4.23**, *job desk* seluruh pegawai tim penurunan kehilangan air baik manajer maupun supervisor telah sesuai dengan uraian pekerjaan dan pelatihan yang ditentukan. Akan tetapi ada beberapa pegawai yang melakukan pekerjaan lebih dari satu. Kondisi tersebut terpaksa dilakukan karena kurangnya tenaga kerja yang melakukan pekerjaan di lapangan.

Untuk menganalisis beban kerja pekerjaan tim penurunan kehilangan air perlu diberikan penjabaran mengenai pekerjaan penurunan kehilangan air. Sebagai contoh adalah salah satu pekerjaan penurunan kehilangan air adalah kegiatan *step test*. Kegiatan *step test* dilakukan oleh 4 tim, setiap timnya berjumlah 6 orang. Dua tim bertugas untuk melakukan *step test* di wilayah barat, dua tim lainnya bertugas melakukan *step test* di wilayah timur. Setiap kegiatan *step test* membutuhkan waktu sekitar 3 jam, dimulai pukul 23.00 sampai dengan 02.00. Perhitungan analisis beban kerja tim penurunan kehilangan air akan dijabarkan pada **Tabel 4.24**

Tabel 4.24 Perhitungan Analisis Beban Kerja

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah Pekerja	Waktu Pelaksanaan	Beban Kerja
I	Active Leakage Control				
1	<i>Step Test</i>	Man	12	16 days	192 Man-days
2	Deteksi kebocoran	Man	3	20 days	60 Man-days
3	Perbaikan Kebocoran	Man	5	20 days	100 Man-days
4	Pembuatan laporan	Man	1	1 month	1 Man-Month
II	Pressure Management				
1	Pemasangan PRV	Man	6	1 month	6 Man-month
2	Setting PRV	Man	4	14 days	56 Man-days
3	Setting <i>critical point pressure</i>	Man	2	1 month	2 Man-month
4	Maintenance PRV dan Strainer	Man	4	14 days	56 Man-days
5	Monitoring level air pada reservoir	Man	1	1 month	1 Man-Month
6	Pembuatan laporan	Man	1	1 month	1 Man-Month
III	Commercial Losses				
1	Survey Comloss	Man	5	1 month	5 Man-month
2	Pembuatan laporan	Man	1	1 month	1 Man-Month
IV	Water Balance				
1	Operator SCADA	Man	2	1 month	2 Man-Month
2	Pembuatan laporan	Man	1	1 month	1 Man-Month
V	Work Response				
1	Surveyor	Man	2	1 month	2 Man-Month
2	Pembuatan laporan	Man	1	1 month	1 Man-Month

Sumber: Hasil Analisis, 2016

Hasil analisis beban kerja menggunakan perhitungan *man-month* dilakukan berdasarkan uraian pekerjaan khusus tim penurunan kehilangan air setiap bulannya. Analisis tersebut adalah kondisi eksisting waktu pelaksanaan pekerjaan dalam tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang, akan tetapi masih belum ideal. Analisis beban kerja tersebut didapatkan dari hasil wawancara terhadap manajer kehilangan air dan masing-masing supervisor yang bertanggung jawab dibawahnya, sehingga didapatkan target waktu pelaksanaan masing-masing pekerjaan. Jumlah pekerja yang terdapat dalam tabel perhitungan adalah jumlah pekerja ideal dalam setiap pekerjaan. Total jumlah pekerja ideal yang terdapat dalam perhitungan adalah 51 orang dengan komposisi pegawai tetap dan pegawai *outsourc*e. Realitanya jumlah orang yang terkontrak bekerja saat ini adalah sebanyak 39 orang. Ada beberapa jenis pekerjaan yang dilakukan oleh orang yang sama, dengan kata lain orang tersebut melakukan pekerjaan ganda atau lebih dari satu. Dampak dari hal tersebut adalah target pekerjaan yang seharusnya dapat dilakukan lebih cepat jadi mundur dari target yang ditentukan. Sebagai contoh untuk pemasangan PRV ditargetkan selesai dalam waktu satu bulan. Akan tetapi dengan terbatasnya pekerja, pekerjaan pemasangan PRV tersebut menjadi lebih lama dari target yaitu lebih dari satu bulan.

Berdasarkan hasil analisis sebaiknya tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang menambah pegawai sesuai dengan proporsi uraian pekerjaan yang ditentukan. Pekerjaan yang memerlukan penambahan adalah pekerjaan yang dilakukan *outdoor* atau pekerjaan lapangan, karena saat ini pekerja lapangan jumlahnya hanya sekitar 8 orang. Sehingga dibutuhkan tambahan pegawai yang bekerja di lapangan sebanyak 12 orang. Hasil analisis menunjukkan bahwa pekerjaan yang dilakukan di dalam kantor PDAM Kota Malang tidak perlu menambah jumlah pekerja karena PDAM Kota Malang sudah menggunakan sistem online untuk pengaturan, manajemen, dan pemantauan zona menggunakan sistem SCADA. Tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang juga memiliki *water office* yang berfungsi untuk memantau keadaan pelayanan PDAM kota Malang secara *real time*. PDAM Kota Malang juga memiliki aplikasi *e-office* untuk pengiriman data, disposisi, dan komunikasi secara internal.

4.4 Strategi dan Rekomendasi Penurunan Kehilangan Air

Hasil dari analisis kondisi eksisting penurunan kehilangan air berdasarkan analisis aspek teknis, aspek pembiayaan, dan aspek kelembagaan diperoleh beberapa strategi agar PDAM Kota Malang dapat mencapai target, diantaranya adalah:

- PDAM Kota Malang sebaiknya memiliki manajemen aset yang lebih rinci mengenai usia aset baik pipa maupun aksesorisnya. Hal tersebut dilakukan agar penggantian pipa dan aksesoris dapat dilakukan secara berkala berdasarkan batas usia yang diperbolehkan untuk pipa dan aksesorisnya.
- Penggantian/rehab pipa adalah komponen utama dalam upaya penurunan kehilangan air. Pipa yang direkomendasikan adalah pipa HDPE karena memiliki tingkat elastisitas yang lebih lentur dan tahan lama.
- DMA yang memiliki tekanan yang tinggi dipasang alat PRV untuk dapat mengurangi dan mengontrol tekanan dalam sistem distribusinya, sehingga dapat mengurangi kehilangan air apabila terdapat kebocoran.
- Penilaian kualitas air berdasarkan perhitungan dengan index Langelier, diketahui bahwa air PDAM Kota Malang memiliki sifat korosif. Menurut index Langelier pH yang disarankan untuk reservoir unit Tlogomas I adalah sebesar 7,67 dan pH yang disarankan untuk reservoir unit Tlogomas II adalah sebesar 7,49 agar air yang didistribusikan bersifat netral atau tidak korosif.
- Meningkatkan pendanaan dari pusat/provinsi melalui program-program pemerintahan untuk mengatasi masalah kebocoran. Dengan melakukan koordinasi, konsultasi dan usulan secara berkala dengan pemerintah baik Pusat maupun Daerah sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja PDAM Kota Malang menjadi lebih baik lagi.
- Menyesuaikan jumlah pegawai tim penurunan kehilangan air sesuai dengan hasil analisis beban kerja yaitu sejumlah 12 orang untuk pekerjaan lapangan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap aspek teknis, aspek pembiayaan, dan aspek kelembagaan, maka dapat ditarik kesimpulan yang merupakan strategi penurunan kehilangan air agar PDAM Kota Malang dapat mencapai target, yaitu:

A. Aspek Teknis

Apabila penurunan kehilangan air yang telah dilakukan pada DMA terpilih dapat diadaptasi kepada DMA-DMA lainnya di seluruh Kota Malang, maka dapat diperkirakan prosentase kehilangan air untuk Kota Malang adalah sebesar 11,3%. Strategi yang digunakan agar dapat mencapai target diantaranya adalah dengan melakukan penggantian/rehab pipa secara berkala khususnya pipa yang berumur lebih dari 20 tahun, memasang PRV pada DMA yang memiliki tekanan tinggi, memperbaiki manajemen aset, menyesuaikan nilai pH air dalam sistem distribusi sesuai dengan index Langelier sebesar 7,67 untuk reservoir Tlogomas I dan 7,49 untuk reservoir Tlogomas II agar air tidak bersifat korosif maupun kerak.

B. Aspek Pembiayaan

Perhitungan analisis pembiayaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa proyek layak dibangun dan menguntungkan bagi perusahaan. Strategi pembiayaan yang digunakan untuk mendukung program penurunan kehilangan air adalah dengan Meningkatkan pendanaan dari pusat/provinsi melalui program-program pemerintahan.

C. Aspek Kelembagaan

Berdasarkan hasil evaluasi kelembagaan didapatkan strategi untuk meningkatkan kinerja tim penurunan kehilangan air PDAM Kota Malang yaitu dengan menambah 12 orang pekerja lapangan untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebaiknya dilakukan pengontrolan terhadap pH air pada unit distribusi, agar air yang dihasilkan bersifat netral atau tidak menghasilkan kerak maupun bersifat korosif. Selanjutnya setelah dilakukan pengontrolan terhadap pH air, sebaiknya PDAM mengganti secara berkala pipa yang terbuat dari besi maupun sejenisnya menggunakan pipa HPDE yang lebih lentur, tahan lama, dan tidak menimbulkan karat maupun kerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Layla, M.A., Ahmad S., and Middlebrooks, E.J. 1978. *Water supply Engineering Design*. Michigan: Ann Arbor Science.
- Badan Pendukung Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (BPPSPAM). 2013. *Pedoman Penurunan Non Revenue Water (NRW) atau Air Tak Berekening (ATR)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Cira, DJ. dan ER Benjamin, 1998. *Competency_BasedPay: A Concept in Evolution. Compensation and Benefits Review*.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Depkimpraswil). 2003. *Kebijakan Nasional Pembangunan Air Minum dan Penyehatan Lingkungan Berbasis Masyarakat*. Jakarta: Bappenas.
- Ditjen Tata Perkotaandan Tata Pedesaan, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Standard Pelayanan Bidang Air Minum*. Jakarta: Departemen PU.
- Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Malang. 2015. *Laporan Pertambahan Penduduk Kota Malang*. Malang: Dispendukcapil Kota Malang.
- Dempo, M. 2011. *Stategi Peningkatan Kinerja Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Lematang Kabupaten Lahat*. Surabaya: Tesis Jurusan Teknik Lingkungan Institut Sepuluh Nopember.
- Departemen Kimpraswil. 2001. *Kebijakan Operasional*. Jakarta: Departemen Kimpraswil.
- Dirjen Cipta Karya. 2009. *Pedoman Pengelolaan Program Pamsimas*. Jakarta: Departemen PU.

- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., Istandar, A., Singh, S. 2008. *The Managers Non Revenue Water Handbook: A Guide To Understanding Water Losses*. USAID
- Frauendorfer, R., & Liemberger, R. 2010. *The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water*. Philippines. Asian Development Bank.
- Harold, E., Babbitt, D. 1949. *Water Supply Engineering*. Netherland: McGraw-Hill Company.
- Hunaidi, O. 2000. *Detecting Leaks in Water-Distribution Pipes*. National Reasearch Council of Canada.
- Hunaidi, O., Wang, A. 2006. *A New System For Locating Leaks In Urban Water Distribution Pipes*. National Reasearch Council of Canada.
- Masduqi, A., Assomadi, AF. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.
- Mergelas, G., Henrich, G. 2005. *Leak Locating Method for Pre-Commissioned Transmission Pipelines: North American Studies*. USA.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14 tahun 2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang.*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007, tentang Penyelenggaraan Pengembangn SPAM*. Jakarta: Departemen PU.
- Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 2 Tahun 2007, Tentang Organ dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum*. Jakarta.
- Peraturan Daerah Kota Malang Nomor 10 Tahun 2013, Tentang Organ dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang*. Malang.
- Peraturan Direksi Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang Nomor 20 Tahu 2013, Tentang Kedudukan, Susunan Organisasi, Uraian Tugas,*

Fungsi dan Tata Kerja Perusahaan Daerah Air Minum Kota Malang. Malang.

Ranhill Water Services. 2005. *Non Renenue Water*. Malaysia

Robert, Pierre R. 1999. *Handbook of Corrosion Engineering*. United States of America. McGraw-Hill Companies.

Soeharto, I. 1997. *Managemen Proyek dari Konseptual Sampai Oprasional, Edisi Ketiga*, Jakarta: Erlangga.

Soewarno. 1995. *Hidrologi–Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I dan Jilid II*. Bandung: Nova.

Thornton, J., Sturm, R., Kunkel, G. 2008. *Water Loss Control 2nd Edition*. United States of America. McGraw-Hill Companies.

Triatmojo, B. 2008. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Beta Offset.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

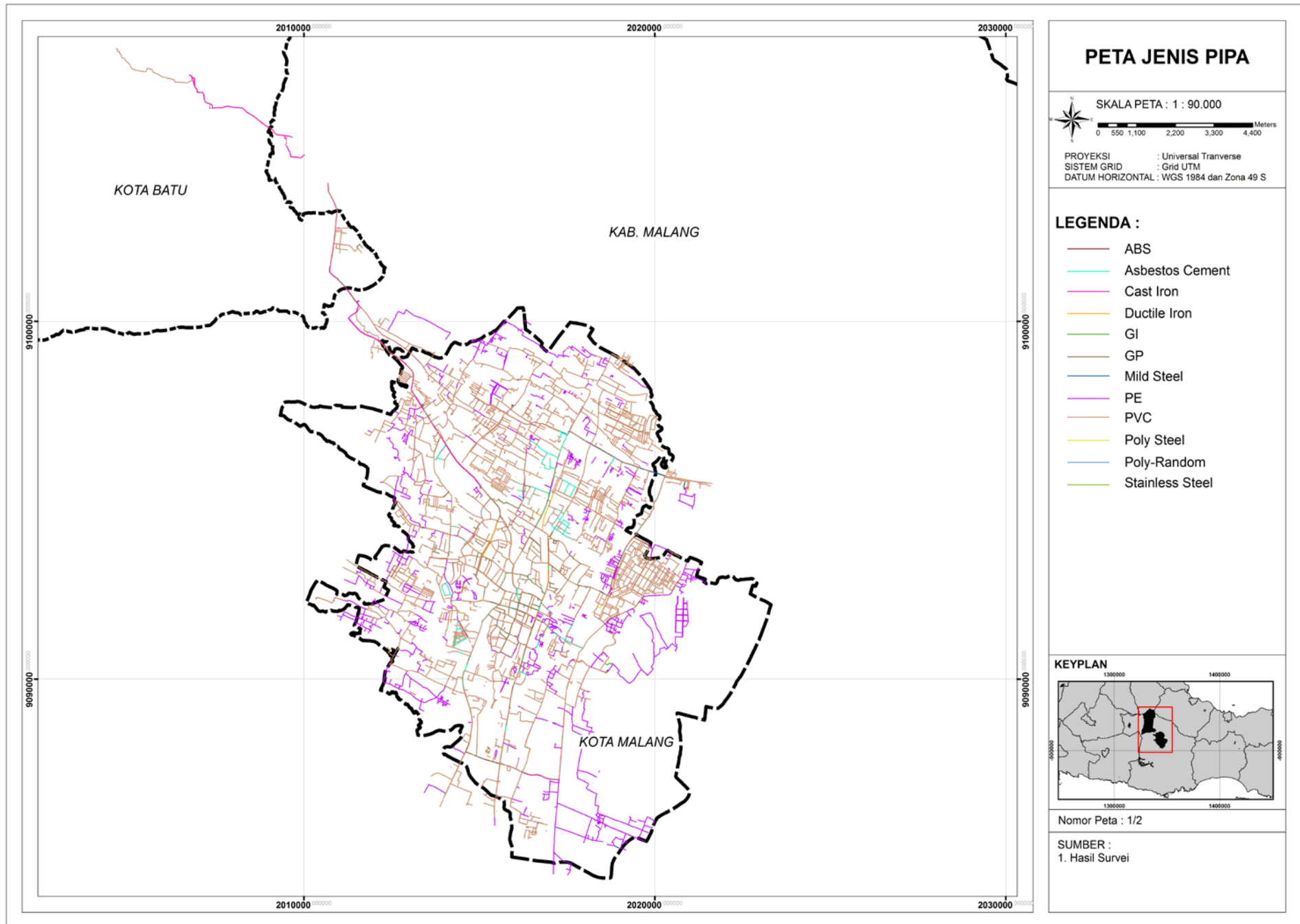
Lampiran 1. Laporan Neraca Air Tahun 2014

VOL INPUT SISTEM 42803185 M3	KONSUMSI RESMI 33124488 M3 77,39%	KONSUMSI RESMI BEREKENING 28736896 M3 67,14%	KOMSUMSI BERMETER BEREKENING 28736771 M3 67,14%		AIR BEREKENING 28736896 M3 67,14%
			KOMSUMSI TAK BERMETER BEREKENING 125 M3 0,0003%		
		KOMSUMSI RESMI TAK BEREKENING 4387592 M3 10,25%	KOMSUMSI BERMETER TAK BEREKENING 2647202 M3 6,18%		
			KOMSUMSI TAK BERMETER TAK BEREKENING 1740390 M3 4,07%	AIR TAK BEREKENING 14066289 M3 32,86%	
	KEHILANGAN AIR 9678697 M3 22,61%	KEHILANGAN AIR NON FISIK 3810826 M3 8,90%	KOMSUMSI TAK RESMI 778317 M3 1,82%		
			KETIDAKAKURATAN METER & PENANGANAN DATA 3032509 M3 7,08%		
			KEHILANGAN AIR FISIK 5867871 M3 13,71%		

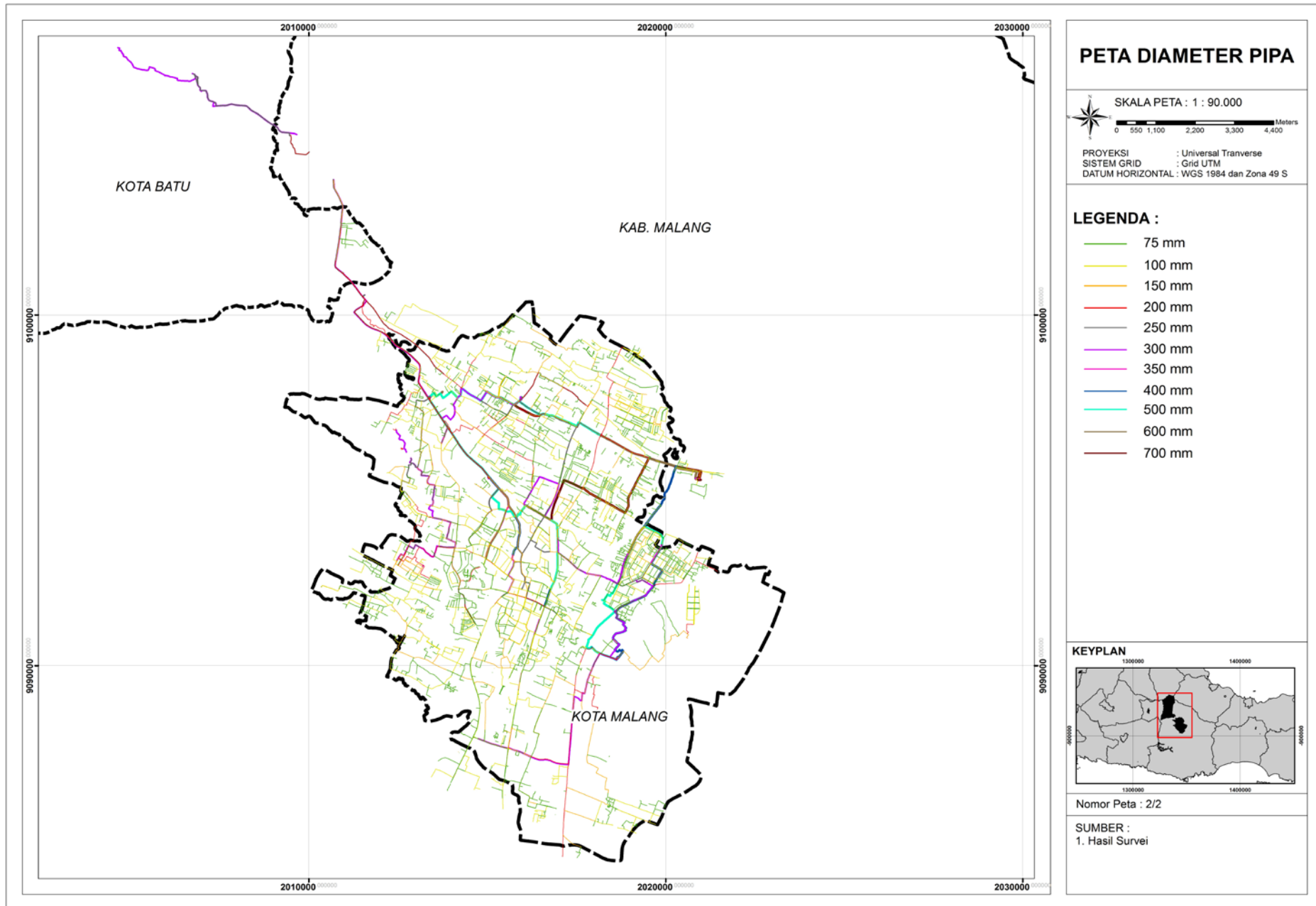
Lampiran 2. Laporan Neraca Air Tahun 2013

VOL INPUT SISTEM 40.866.853 m3	KONSUMSI RESMI 29.843.326 m3 73,03%	KONSUMSI RESMI BEREKENING 26.305.363 m3 64,37%	KOMSUMSI BERMETER BEREKENING 26.304.978 m3 64,37%		AIR BEREKENING 26.305.363 m3 64,37%
			KONSUMSI TAK BERMETER BEREKENING 385 m3 0,001%		
		KOMSUSI RESMI TAK BEREKENING 3.537.963 m3 8,66%	KOMSUSI BERMETER TAK BEREKENING 2.493.320 m3 6,10%		
	KEHILANGAN AIR 11.023.529 m3 26,97%	KEHILANGAN AIR NON FISIK 2.974.872 m3 7,28%	KOMSUSI TAK BERMETER TAK BEREKENING 1.044.643 m3 2,56%		AIR TAK BEREKENING 14.561.490 m3 35,63%
			KOMSUSI TAK RESMI 720.875 m3 1,76%		
			KETIDAKAKURATAN METER & PENANGANAN DATA 2.253.997 m3 5,52%		
			KEHILANGAN AIR FISIK 8.048.657 19,69%		

Lampiran 3. Peta Jenis Pipa PDAM Kota Malang



Lampiran 4. Peta Jenis Pipa PDAM Kota Malang



Lampiran 5. Perhitungan Menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices Pada Reservoir Tlogomas I

Temperature °C	29,5
pH	7,04
Calcium Hardness	110,2
Total Alkalinity	110,2
TDS	206

$p(Ca^{++}) =$	2,96
$p(Alk) =$	2,66
$A =$	1,89
$B =$	0,16
$C =$	0,00

pHs =	7,67	
Langelier Index =	-0,63	(Corrosive)
Ryznar Index =	8,30	(Corrosive)

Lampiran 6. Perhitungan Menggunakan *software* Langelier & Ryznar Indices Setelah Dilakukan Simulasi pH Pada Reservoir Tlogomas I

Temperature °C	29,5
pH	7,67
Calcium Hardness	110,2
Total Alkalinity	110,2
TDS	206

$p(Ca^{++}) =$	2,96
$p(Alk) =$	2,66
$A =$	1,89
$B =$	0,16
$C =$	0,00

pHs =	7,67	
Langelier Index =	0,00	(Neutral)
Ryznar Index =	7,68	(Corrosive)

**Lampiran 6. Perhitungan Menggunakan *software* Langelier & Ryznar
Indices Pada Reservoir Tlogomas II**

Temperature °C	28,3
pH	7,03
Calcium Hardness	139,65
Total Alkalinity	139,65
TDS	214

$p(\text{Ca}^{++}) =$	2,85
$p(\text{Alk}) =$	2,55
$A =$	1,92
$B =$	0,17
$C =$	0,00

pHs =	7,49	
Langelier Index =	-0,46	(Corrosive)
Ryznar Index =	7,96	(Corrosive)

**Lampiran 6. Perhitungan Menggunakan *software* Langelier & Ryznar
Indices Setelah Dilakukan Simulasi pH Pada Reservoir Tlogomas II**

Temperature °C	28,3
pH	7,49
Calcium Hardness	139,65
Total Alkalinity	139,65
TDS	214

$p(\text{Ca}^{++}) =$	2,85
$p(\text{Alk}) =$	2,55
$A =$	1,92
$B =$	0,17
$C =$	0,00

pHs =	7,49	
Langelier Index =	0,00	(Neutral)
Ryznar Index =	7,50	(Corrosive)

Lampiran 6. Penilaian Kinerja PDAM Kota Malang Menurut BPPSPAM

No.	Uraian	Rumus	Bo bot	2015		
				Perhit ungan	Ni lai	Hasil
I. ASPEK KEUANGAN						
1	RENTABILITAS					
	A. Return On Equity	$\frac{\text{Laba bersih stlh pajak}}{\text{Ekuitas}} \times 100\%$	0,0550	11,91	5	0,28
	B. Rasio Operasi	$\frac{\text{Biaya Operasi}}{\text{Pendapatan Operasi}}$	0,0550	0,80	3	0,17
2	LIKUIDITAS					
	A. Rasio Kas	$\frac{\text{Kas + Setara Kas}}{\text{Hutang Lancar}} \times 100\%$	0,0550	16,80	1	0,06
	B. Efektifitas Penagihan	$\frac{\text{Penerimaan Rekening Air}}{\text{Rekening Air}} \times 100\%$	0,0550	98,00	5	0,28
3	SOLVABILITAS	$\frac{\text{Aktiva}}{\text{Hutang}} \times 100\%$	0,0300	531,81	5	0,15
Jumlah Nilai Aspek Keuangan						0,92
II. ASPEK PELAYANAN						
1	CAKUPAN PELAYANAN TEKNIS	$\frac{\text{Penduduk Terlayani}}{\text{Jumlah Penduduk Wil. Pelayanan}} \times 100\%$	0,0500	91,53	5	0,25
2	PERTUMBUHAN PELANGGAN	$\frac{\Sigma \text{Plg thn ini} - \text{Plg Thn lalu}}{\Sigma \text{Pelanggan tahun lalu}} \times 100\%$	0,0500	9,92	4	0,20

No.	Uraian	Rumus	Bobot	2015		
				Perhitungan	Nilai	Hasil
3	TINGKAT PENYELESAIAN ADUAN	$\frac{\Sigma \text{Keluhan Selesai}}{\Sigma \text{Keluhan}} \times 100\%$	0,03	93,81	5,00	0,13
4	Kualitas Air Pelanggan	$\frac{\Sigma \text{uji yang memenuhi syarat}}{\text{Jumlah yang diuji}} \times 100\%$	0,0750	93,52	5	0,38
5	Konsumsi Air Domestik	$\frac{\Sigma \text{air yang terjual domestik per bln}}{\Sigma \text{Pelanggan domestik}}$	0,0500	16,08	2	0,10
	Jumlah Nilai Aspek Pelayanan					1,05
III. ASPEK OPERASIONAL						
1	Efisiensi Produksi	$\frac{\text{Realisasi Produksi (m}^3\text{)}}{\text{Kapasitas terpasang (m}^3\text{)}} \times 100\%$	0,0700	82,59	4	0,28
2	Kehilangan Air/Tidak Berekening	$\frac{\text{Distribusi air-air terekening}}{\text{Distribusi air}} \times 100\%$	0,0700	0,26	5	0,35
3	Jam Operasi Layanan	$\frac{\text{Waktu dist air ke Plg dlm 1 thn}}{365 \text{ hari}}$	0,0800	24	5	0,40
4	Tekanan Air pada Sambungan Pelanggan	$\frac{\Sigma \text{Plg yg terlayani dg tekanan} > 0.7 \text{ bar}}{\text{Jumlah Pelanggan}} \times 100\%$	0,0650	77,46	4	0,26
5	Penggantian/Kalibrasi Meter Pelanggan	$\frac{\Sigma \text{meter air diganti pada tahun}}{\Sigma \text{Pelanggan}} \times 100\%$	0,0650	14,56	3	0,20
	Jumlah Nilai Aspek Operasional					1,49

No.	Uraian	Rumus	Bobot	2015		
				Perhitungan	Nilai	Hasil
IV. ASPEK SDM	1 Rasio Jumlah Pegawai/1.000 pelanggan	$\frac{\Sigma \text{ Pegawai}}{\Sigma \text{ Pelanggan}/1000}$	0,0700	2,45	5	0,35
	2 Rasio Diklat Pegawai	$\frac{\Sigma \text{ Pegawai yg ikut diklat}}{\Sigma \text{ Pegawai}} \times 100\%$	0,0400	24,74	2	0,08
	3 Biaya Diklat Thd Biaya Pegawai	$\frac{\text{Biaya Diklat}}{\Sigma \text{ Biaya Pegawai}} \times 100\%$	0,0400	1,16	1	0,04
	Jumlah Nilai Aspek SDM					0,47
	Nilai Kinerja					3,93
	Kategori			SEHAT		

Sumber: BPPSPAM, 2016

Lampiran 7. Kuisisioner Wawancara Kepada Tim Penurunan Kehilangan Air PDAM Kota Malang

Kuisisioner

Nama Instansi : PDAM Kota Malang
Jabatan Dalam Instansi : Manajer Kehilangan Air

Pertanyaan:

1. Apa sajakah uraian pekerjaan yang dilakukan oleh Manajer kehilangan air?

Jawaban:

Pekerjaan yang dilakukan adalah menyusun rencana pengembangan jangka pendek di bagian kehilangan air, merencanakan dan mengawasi seluruh kegiatan pada bagian kehilangan air, merencanakan dan mengawasi kegiatan penyusunan laporan pada bagian kehilangan air, dan melakukan pembinaan pegawai pada Bagian Kehilangan Air.

Pertanyaan:

2. Apakah ada kriteria atau pelatihan khusus untuk menduduki jabatan sebagai Manajer kehilangan air?

Jawaban:

Ada, yaitu pelatihan Leadership & Problem Solving, Manajemen Air Minum Tingkat Madya, Balanced Score Card, HPS, SPAM, Hidrolika, dan NRW.

Pertanyaan:

3. Apakah SDM dibawah Manajer Kehilangan Air saat ini sudah dirasa cukup berkompeten dalam melakukan pekerjaannya?

Jawaban:

Secara keseluruhan SDM tim penurunan kehilangan air dirasa sudah cukup berkompeten, dan SDM sudah dapat melakukan pekerjaan masing-masing dengan baik.

Pertanyaan:

4. Apakah dengan jumlah SDM dibawah Manajer kehilangan air saat ini sudah mencukupi kebutuhan?

Jawaban:

Rata-rata untuk pegawai yang berada di dalam ruangan tim penurunan kehilangan air sudah mencukupi kebutuhan, karena untuk melakukan pekerjaannya kita sudah terbantu oleh system *online* atau *e-office*. Kemudian untuk menjalankan program dan monitoring kehilangan air sudah menggunakan system SCADA.

Pertanyaan:

5. Apakah SDM dibawah Manajer Kehilangan Air sudah melakukan pekerjaannya sesuai dengan tupoksi yang ditentukan?

Jawaban:

Secara keseluruhan sudah, akan tetapi ada beberapa pekerjaan yang overlap atau ada beberapa pegawai yang melakukan pekerjaan lebih dari satu.

Kuisisioner

Nama Instansi : PDAM Kota Malang

Jabatan Dalam Instansi : Supervisor *Water Balance*

Pertanyaan:

1. Apa sajakah uraian pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *water balance*?

Jawaban:

Pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *water balance* adalah mengukur debit inlet di District Meter Are (DMA) yang terbentuk, identifikasi batas DMA terbentuk, mengoperasikan software integrasi neraca air, Membuat laporan bulanan neraca air.

Pertanyaan:

2. Apakah ada kriteria atau pelatihan khusus untuk menduduki jabatan sebagai Supervisor *water balance*?

Jawaban:

Ada, yaitu pelatihan NRW, pelatihan Hidrolika, pelatihan SPAM, pelatihan GIS, Pelatihan Instrumen NRW, dan pelatihan ArcGIS.

3. Apakah SDM dibawah Supervisor *water balance* saat ini sudah dirasa cukup berkompeten dalam melakukan pekerjaannya?

Jawaban:

Secara keseluruhan SDM dibawah Supervisor *water balance* sudah cukup berkompeten, dan SDM sudah dapat melakukan pekerjaan masing-masing dengan baik.

Pertanyaan:

4. Apakah dengan jumlah SDM dibawah Supervisor *water balance* saat ini sudah mencukupi kebutuhan? Apabila jumlah SDM belum memenuhi, berapakah jumlah SDM yang ideal untuk melakukan pekerjaan ini?

Jawaban:

Sudah memenuhi, karena sudah terbantu dengan software integrasi neraca air.

Kuisisioner

Nama Instansi : PDAM Kota Malang
Jabatan Dalam Instansi : Supervisor *Active Leakage Control*

Pertanyaan:

1. Apa sajakah uraian pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Active Leakage Control*?

Jawaban:

Pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Active Leakage Control* adalah menganalisa hasil kegiatan pencarian *physical* dan *commercial losses* pada *District Meter Area* (DMA), membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian *physical* dan *commercial losses* pada *District Meter Area* (DMA).

Pertanyaan:

2. Apakah ada kriteria atau pelatihan khusus untuk menduduki jabatan sebagai Supervisor *Active Leakage Control*?

Jawaban:

Ada, yaitu pelatihan NRW, pelatihan hidrolika, pelatihan SPAM, pelatihan GIS, pelatihan instrumen NRW, pelatihan ArcGIS, dan pelatihan SIPP DAM Microsoft Access

3. Apakah SDM dibawah Supervisor *Active Leakage Control* saat ini sudah dirasa cukup berkompeten dalam melakukan pekerjaannya?

Jawaban:

Secara keseluruhan SDM dibawah Supervisor *Active Leakage Control* sudah cukup berkompeten, dan SDM sudah dapat melakukan pekerjaan masing-masing dengan baik.

Pertanyaan:

4. Apakah dengan jumlah SDM dibawah Supervisor *Active Leakage Control* saat ini sudah mencukupi kebutuhan? Apabila jumlah SDM belum memenuhi, berapakah jumlah SDM yang ideal untuk melakukan pekerjaan ini?

Jawaban:

Belum, karena ada beberapa pekerjaan lapangan yang dilakukan lebih dari satu orang pekerja. Idealnya jumlah pekerja lapangan yang terdapat pada bagian *Active Leakage Control* adalah 15 orang.

Kuisisioner

Nama Instansi : PDAM Kota Malang
Jabatan Dalam Instansi : Supervisor *Pressure Management*

Pertanyaan:

1. Apa sajakah uraian pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Pressure Management*?

Jawaban:

Pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Pressure Management* adalah menganalisa dan memonitoring *pressure management* atau pengaturan tekanan air pada DMA terbentuk, melakukan kegiatan *maintenance Pressure Reducing Valve* (PRV) dan *strainer*, monitoring level air pada reservoir, dan membuat laporan kegiatan *pressure management*.

Pertanyaan:

2. Apakah ada kriteria atau pelatihan khusus untuk menduduki jabatan sebagai Supervisor *Pressure Management*?

Jawaban:

Ada, yaitu pelatihan NRW, pelatihan hidrolika, pelatihan SPAM, dan pelatihan GIS

3. Apakah SDM dibawah Supervisor *Pressure Management* saat ini sudah dirasa cukup berkompeten dalam melakukan pekerjaannya?

Jawaban:

Secara keseluruhan SDM dibawah Supervisor *Pressure Management* sudah cukup berkompeten, dan SDM sudah dapat melakukan pekerjaan masing-masing dengan baik.

Pertanyaan:

4. Apakah dengan jumlah SDM dibawah Supervisor *Pressure Management* saat ini sudah mencukupi kebutuhan? Apabila jumlah SDM belum memenuhi, berapakah jumlah SDM yang ideal untuk melakukan pekerjaan ini?

Jawaban:

Belum, karena ada beberapa pekerjaan lapangan yang dilakukan lebih dari satu orang pekerja. Idealnya jumlah pekerja lapangan yang terdapat pada bagian *pressure management* adalah 18 orang.

Kuisisioner

Nama Instansi : PDAM Kota Malang
Jabatan Dalam Instansi : Supervisor *Commercial Losses*

Pertanyaan:

1. Apa sajakah uraian pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Commercial Losses*?

Jawaban:

Pekerjaan yang dilakukan oleh Supervisor *Commercial Losses* adalah membuat jadwal kegiatan survey *commercial losses* pada *District Meter Area* (DMA) terbentuk, membuat jadwal pemasangan radio AMR pada *District Meter Area* (DMA) terbentuk, mendownload rekaman radio AMR yang terpasang di *District Meter Area* (DMA) terbentuk, menganalisa hasil kegiatan pencarian *commercial losses* pada *District Meter Area* (DMA) terbentuk, menganalisa penanganan data *commercial losses* dari segi meter pelanggan dan audit elektronik data pelanggan, menganalisa hasil rekaman radio AMR dibandingkan dengan meter induk di *District Meter Area* (DMA) terbentuk, membuat laporan temuan hasil kegiatan pencarian *commercial losses* pada *District Meter Area* (DMA) yang ditentukan dan hasil audit elektronik data pelanggan, dan membuat laporan hasil analisa rekaman radio AMR dibandingkan dengan meter induk di *District Meter Area* (DMA) yang ditentukan

Pertanyaan:

2. Apakah ada kriteria atau pelatihan khusus untuk menduduki jabatan sebagai Supervisor *Commercial Losses*?

Jawaban:

Ada, yaitu pelatihan SQL dan pelatihan excel expert.

3. Apakah SDM dibawah Supervisor *Commercial Losses* saat ini sudah dirasa cukup berkompeten dalam melakukan pekerjaanya?

Jawaban:

Secara keseluruhan SDM dibawah Supervisor *Commercial Losses* sudah cukup berkompeten, dan SDM sudah dapat melakukan pekerjaan masing-masing dengan baik.

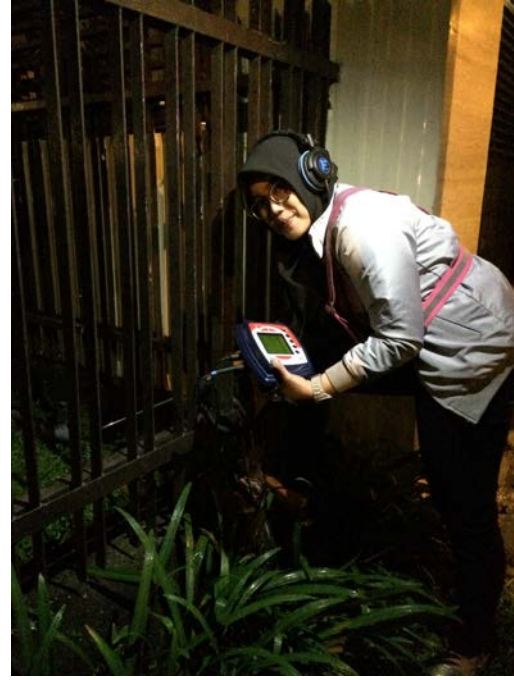
Pertanyaan:

4. Apakah dengan jumlah SDM dibawah Supervisor *Commercial Losses* saat ini sudah mencukupi kebutuhan? Apabila jumlah SDM belum memenuhi, berapakah jumlah SDM yang ideal untuk melakukan pekerjaan ini?

Jawaban:

Sudah memenuhi, karena sudah terbantu dengan software integrasi neraca air.

Lampiran 8. Dokumentasi Kegiatan *Step Test* dan Penelusuran Pencarian Kebocoran Menggunakan *Ground Microphone*.



Lampiran 9. Dokumentasi Pemasangan Aksesoris Pipa dan Setting PRV



Lampiran 10. Dokumentasi Pipa dan Aksesori Berkarat atau Rusak



**Lampiran 11. Dokumentasi Bersama Tim *Active Leakage Control* PDAM
Kota Malang**





BERITA ACARA
UJIAN/SIDANG TESIS

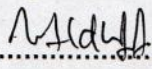
Pada

Hari, Tanggal : Kamis, 05 Januari 2017
Jam : 13.00-15.00 WIB
Tempat : R. S 201

telah dilaksanakan Ujian Tesis :

Judul : Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum
PDAM Kota Malang

Nama Mahasiswa : WIDY SAPARINA
Nrp. : 3314202806
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS
Bidang Keahlian : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan : 

Dari hasil pengujian dinyatakan :

1. LULUS DENGAN PERBAIKAN MINOR *)
2. MENGULANG UJIAN LISAN
3. TIDAK LULUS

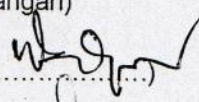
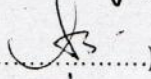
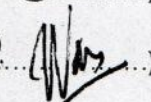
Saran-saran perbaikan:

1. Cek perlengkapan Analisis biologi *4/1/2016*
2. Dalam saran tak perlu masy. dibuktikan tidak pakai air, tapi masukkan perlunya PDAM mengontrol pH air, agar netral setelah semua pipa G.I diganti.
3. Perlu dipertimbangkan alat deteksi kebocoran yg aplikatif spt penggunaan isotop dan Geiger Counter
4. Analisis beban kerja diperbaiki, metode tidak ada wawancara apa tidak ada.
5. Tinjauan pustaka diperbaiki
6. Strategi diperbaiki y. DMA apakah perlu atau tidak.

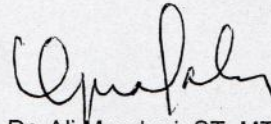
Tim Penguji :

Nama

(Tanda Tangan)

1. Prof. Wahyono Hadi, Ph.D. 
2. Dr. Ir. Agus Slamet 
3. IDRA Wismadewanti, Ph.D. 

Pembimbing,


Dr. Ali Masduqi, ST, MT

Keterangan:

*) Jangka waktu perbaikan tesis (lingkari salah satu) : 1 2 3 - 4 minggu.

Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai ujian tesis dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang ujian lisan.



BERITA ACARA
SEMINAR KEMAJUAN TESIS
Semester Gasal 2016/ 2017

Pada

Hari, tanggal : Selasa, 29 Nopember 2016
Jam : 13.30 - 15.00
Tempat : R. Sidang Pascasarjana

telah dilaksanakan Seminar Kemajuan Tesis :

Judul Tesis : Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang

Nama Mahasiswa : WIDY SAPARINA
NRP : 3314202806
Program Studi : S2 Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Bidang Studi : Magister Teknik Sanitasi Lingkungan

Tanda Tangan : *Widy*

Berdasarkan hasil evaluasi penguji, dinyatakan bahwa proposal tersebut :

- ① dapat mengikuti ujian Tesis
2. tidak dapat mengikuti ujian Tesis

Saran-saran perbaikan :

- 15/12/16*
- Ditampilkan peta distribusi lengkap dg pipa jenis pipa, umur pipa (di bagi dalam bag timur, barat, selatan utara)
 - Strategi penurunan NRW dg step test / DMA perlu terkait dg jenis / umur pipa -
 - ① ABSTRAK & Kesimpulan & penyusunan
 - ② pada metodologi tidak acantumkan lagi Time Schedule & biaya tesis.
 - ③ Strategi
- Perbaikan sesuai dengan yang ada di dalam buku, sesuai dengan apa di dalam buku. Mohon dibahas yang baik dan saling berhubungan.

Pembimbing,

Ali Masduqi
Dr. Ali Masduqi, ST, MT

Tim Penguji :

Nama (Tanda Tangan)

1. Prof. Wahyono Hadi, PhD. *(Wahyono)*
2. Dr. Agus Slamet *(Agus)*
3. IDAA Warmadewanthi, PhD. *(IDAA)*

* : Coret yang tidak perlu



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

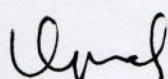
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TESIS

Nama : Widy Saparina
NRP : 3314202806
Judul Tesis : Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi Air Minum PDAM Kota Malang

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1.	19 September '16	<ul style="list-style-type: none">- Revisi penentuan District Meter Area- Lanjutkan perhitungan water balance	
2.	27 September '16	<ul style="list-style-type: none">- Lengkapi perhitungan water balance- water balance DMA Tlogomas- water balance makro	
3.	12. Oktober '16	<ul style="list-style-type: none">- Fokuskan pada kehilangan air fisik	
4.	26. Oktober '16	<ul style="list-style-type: none">- Revisi perhitungan prosentase kehilangan air	
5.	15 November '16	<ul style="list-style-type: none">- Revisi perhitungan finansial	
6.	23 November '16	<ul style="list-style-type: none">- Revisi aspek kelembagaan- ditulis sesuai urutan yang benar	
7.	6 Desember '16	<ul style="list-style-type: none">- revisi aspek keuangan finansial- tambahkan inflasi dalam perhitungan	

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
8.	27 Desember '16	. Perbaiki strategi dan rekomendasi	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Dr. Ali Masduqi, ST., MT.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Probolinggo pada tanggal 17 September 1988. Penulis adalah putri dari pasangan Ir. Deddi Teguh S, M.Sc. dan Ir. Wiek Koestini. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal, yaitu di TK Sriwedari Malang lulus tahun 1994, SD Sriwedari Malang lulus tahun 2000, SLTPN 8 Malang lulus tahun 2003, SMUN 8 Malang lulus tahun 2006. Pada tahun 2006, penulis melanjutkan kuliah di Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pada tahun 2010 penulis menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Analisis Penanggulangan Genangan Pada Sistem Drainase Perkotaan di Ruas Jalan Sisingamangaraja D.I Yogyakarta”. Pada tahun 2010 hingga sekarang penulis bekerja di Kementerian Pekerjaan Umum. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan kuliah pascasarjana di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Pada Tahun 2017 penulis telah menyelesaikan Tesis dengan judul “Penurunan Kehilangan Air di Sistem Distribusi PDAM Kota Malang”. Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik dapat menghubungi penulis melalui email widy.saparina@gmail.com